



TUGAS AKHIR - SF141501

**PEMBUATAN *ALTERNATOR AXIAL FLUX CORELESS*
DENGAN MENGGUNAKAN MAGNET PERMANEN**

**CLARISSA AMELIA SITORUS
NRP 1113 100 116**

**Dosen Pembimbing
Dr.Yono Hadi Pramono, M.Eng**

**Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR - SF141501

**PEMBUATAN *ALTERNATOR AXIAL FLUX CORELESS*
DENGAN MENGGUNAKAN MAGNET PERMANEN**

**Clarissa Amelia Sitorus
NRP 1113 100 116**

**Dosen Pembimbing
Dr.Yono Hadi Pramono, M.Eng**

**Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - SF141501

**FABRICATION OF CORELESS AXIAL FLUX ALTERNATOR
USING PERMANENT MAGNET**

**CLARISSA AMELIA SITORUS
NRP 1113 100 116**

**Supervisor
Dr.Yono Hadi Pramono, M.Eng**

**Physics Departement
Faculty Matematics and Natural Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017**

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu
syarat memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si)
Di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Clarissa Amelia Sitorus
NRP. 1113100116

Tanggal Ujian : 30 Mei 2017
Periode Wisuda : September 2017

Disetujui oleh :

1. Dr.Yono Hadi Pramono, M.Eng
NIP.19690904 199203.1.003

(Pembimbing)

2. Hasto Sunarno, M.Sc
NIP.19560331 198003.1.001

(Penguji)

3. Sudarsono, M.Si
NIP.1100201301002

(Penguji)

SURABAYA, MEI 2017

PEMBUATAN *ALTERNATOR AXIAL FLUX CORELESS* DENGAN MENGGUNAKAN MAGNET PERMANEN

Nama Penulis : Clarissa Amelia Sitorus
NRP : 1113 100 116
Departemen : Fisika FMIPA – ITS
Pembimbing : Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng

Abstrak

Telah dilakukan penelitian pada alternator aksial dengan magnet permanen dimana penelitian ini bertujuan menghitung efisiensi berdasarkan hasil perhitungan secara teoritis maupun secara percobaan. Rotor magnet permanen menggunakan 12 magnet neodymium dengan 6 koil sebagai stator. Generator aksial ini diputar dengan motor pada kecepatan berbeda (360; 482; 482,7; 485,1; 485,3; 485,9). Dari hasil pengukuran didapatkan hasil pada 3 koil maupun 6 koil dapat menghasilkan tegangan yang sebanding dengan kecepatan putarnya. Untuk kecepatan terendah 360 rpm didapatkan 5,8 Volt pada 3 koil sedangkan 13,8 Volt pada 6 koil dengan arus yang sama sebesar 2,5 Ampere. Perhitungan tegangan juga dilakukan secara teoritis berdasarkan parameter fisik dan studi literatur. Perbedaan hasil perhitungan dengan hasil pengukuran rata – rata 22%. Perhitungan efisiensi generator dilakukan dengan membandingkan daya output generator dengan daya output motor penggerak. Hasil pada generator 3 koil memiliki efisiensi tertinggi 28,75 % sedangkan 6 koil sebesar 62,083 %. Dari penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa generator aksial magnet permanen akan memiliki efisiensi yang cukup tinggi dengan semakin banyak koil dan semakin cepat putarannya.

Kata Kunci: Efisiensi, Magnet Permanen, Rotor, RPM, Stator

FABRICATION OF CORELESS AXIAL FLUX ALTERNATOR USING PERMANEN MAGNET

Author : Clarissa Amelia Sitorus
Student Identity : 1113100 116
Department : Physics, Faculty of Mathematics
and Sciences -ITS
Supervisor : Dr.Yono Hadi Pramono, M.Eng

Abstract

Research has been done on the alternator axial with permanent magnet where this research aims to calculate efficiencies based on the results of the theoretically calculation and in the experiment. The Rotor permanent magnet using 12 neodymium magnet with 6 coil stator. This axial generator coupled with motor on different speed (360; 482; 482,7; 485,1; 485,3; 485,9). From the measurement result, we obtained the results on 3 coil and 6 coil can produce voltage linear with its speed. For lowesr speed 360 rpm obtained 5,8 volt on 3 koil while 13,8 Volts on 6 koil with the same current at 2,5 Ampere. The calculation of the voltage also done theoretically based on the physical parameters and literature study. the difference in the calculation with the measurement result average was 22%. The calculation for generator efficincies done by comparing generator output power and drive motor output power. This result is for 3 coil generator has 28,75 % efficiencies while for 6 coil has 62,083 %. From this researches we can get conclusion that axial permanent magnet generator efficiencies will be more coil and higher speed.

Keywords: *Efficiency, Permanent Magnet, Rotor, RPM, Stator*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia – Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan Laporan Tugas Akhir sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Departemen Fisika FMIPA ITS dengan judul:

PEMBUATAN *ALTERNATOR AXIAL FLUX CORELESS* DENGAN MENGGUNAKAN MAGNET PERMANEN

Penulis menyadari dengan terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan, pemantauan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
2. Kedua Orangtua tercinta, Ir.Maston Sitorus dan Desry Sianturi yang senantiasa memberikan dukungan moral dan motivasi, bimbingan, kasih sayang dan semua hal yang dibutuhkan terhadap keberhasilan penulis menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Bapak Dr.rer.nat Bintoro Anang Subagyo, S.Si, M.Si selaku dosen wali yang selalu memberikan nasihat, bimbingan, wawasan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Dr. Yono Hadi Pramono, M. Eng dan Dr. rer.nat Eko Minarto selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Departemen Fisika FMIPA ITS.
5. Drs.Hasto Sunarno, M.Sc dan Sudarsono, M.Si selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah memberikan saran,

- kritik serta masukannya sehingga banyak menambah wawasan dan meningkatkan kualitas tulisan ini.
6. Bapak M.Ghofar, Bapak Sugeng dan Bapak Abas terima kasih atas bantuan yang telah diberikan selama ini.
 7. Seluruh Staf Pengajar di Jurusan Fisika ITS terkhusus Ibu Faridawati, Ibu Susilo, Bapak Hasto, Bapak Bachtera, Bapak Diky dll yang telah memberikan ilmunya selama 4 tahun.
 8. Kakak dan adik tercinta, Margareth Sitorus, Grace Sitorus dan Abraham sitorus yang selalu memberikan semangat dan juga motivasi dalam keberhasilan penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
 9. Sahabat Ristek Himasika ITS 2014/2015 yang telah memberikan semangat dan motivasi
 10. Sahabat Mahasiswa Bona Pasogit (MBP ITS 2013) yang telah memberikan rasa kekeluargaan, kasih sayang dan motivasi selama saya berada di ITS.
 11. Teman – teman Asisten yang selalu memberikan motivasi, dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
 12. Teman – teman Laboratorium Optoelektronika seluruhnya, mbak Erna, mbak Bella, mas rein dll yang telah banyak membantu dalam memberikan motivasi dan dukungan selama penulisan berlangsung
 13. Keluarga besar “Fisika 2013” yang telah menjadi sahabat terbaik, terdekat dan tersolid yang selalu bersama – sama dari awal kuliah hingga sekarang.
 14. Sahabatku tercinta, Irene Putri Situmorang, Veravivi Marbun yang telah menjadi sahabat terbaik, memberikan motivasi dan menjadi tempat bertukar pikiran disegala hal baik dunia pertemanan, materi perkuliahaan, percintaan dan dukungan selama penulisan Tugas Akhir berlangsung
 15. Kakak dan Abangku tercinta, Melissa Gilbert, Paul Alexander, David Sitorus, Emalya Ambarita, Marintan Sitorus yang telah memberikan nasihat, wawasan, motivasi tentang perjalanan kehidupan dikampus.

16. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, oleh karena itu penulis akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan serta memberikan inspirasi bagi pembaca untuk perkembangan lebih lanjut.

Surabaya, 10 Mei 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

| | |
|------------------------|-------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | iii |
| ABSTRAK..... | iv |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR TABEL | xvi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xviii |

BAB I PENDAHULUAN

| | |
|---------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.6 Metodologi Penelitian | 4 |
| 1.7 Sistematika Penulisan | 5 |

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

| | |
|---|----|
| 2.1 Generator..... | 7 |
| 2.2 Induksi Elektromagnetik | 7 |
| 2.3 Perbedaan Generator Fluks Radial dan Aksial..... | 8 |
| 2.4 Prinsip Kerja Generator <i>Axial Flux</i> | 9 |
| 2.5 Rotor | 11 |
| 2.6 Stator | 11 |
| 2.7 Induktor..... | 12 |
| 2.8 Karakteristik Medan Neodymium..... | 15 |
| 2.9 Dinanometer | 18 |
| 2.10 Subsistem Konversi, Pengaturan dan Penyimpanan ... | 19 |
| 2.10.1 Subsistem Konversi | 19 |
| 2.10.2 Subsistem Pengaturan | 19 |
| 2.10.3 Subsistem Penyimpanan | 20 |

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

| | |
|--|----|
| 3.1 Tahapan Penelitian..... | 22 |
| 3.2 Studi Literatur | 23 |
| 3.3 Perancangan Alat | 23 |
| 3.4 Pembuatan Sistem Pemutar <i>Rotor</i> 12 Magnet Permanen..... | 24 |
| 3.5 Pembuatan 6 Koil..... | 26 |
| 3.6 Pengujian <i>Alternator</i> | 27 |
| 3.7 Analisis Data | 29 |

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

| | |
|--|----|
| 4.1 Analisa Data | 31 |
| 4.2 Analisa Perhitungan Secara Teori | 31 |
| 4.2.1 Perhitungan Hambatan Kawat..... | 31 |
| 4.2.1.1 Perhitungan Jumlah Lilitan | 31 |
| 4.2.1.2 Perhitungan panjang kawat per larik..... | 32 |
| 4.2.1.3 Perhitungan Hambatan Total (R) | 33 |
| 4.2.2 Perhitungan Induktansi Kumparan | 34 |
| 4.2.3 Perhitungan arus yang dihasilkan oleh <i>alternator</i> | 34 |
| 4.2.4 Perhitungan Tegangan yang dihasilkan oleh <i>alternator</i> | 36 |
| 4.2.5 Perhitungan Daya Motor Penggerak | 37 |
| 4.3 Analisa Pengukuran Berdasarkan Percobaan..... | 38 |
| 4.3.1 Hasil Pengukuran Tegangan Alternator | 38 |
| 4.3.1.1 Hasil Pengukuran Alternator 3 Koil..... | 38 |
| 4.3.1.2 Hasil Pengukuran Alternator 6 Koil..... | 38 |
| 4.3.2 Hasil Perhitungan Effisiensi Motor..... | 38 |
| 4.4 Perbandingan antara hasil perhitungan dengan pengukuran | 39 |
| 4.4.1 Perbandingan Arus <i>Alternator</i> | 40 |
| 4.4.2 Perbandingan Tegangan <i>Alternator</i> | 40 |
| 4.5 Pembahasan | 41 |

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan46

5.2 Saran46

DAFTAR PUSTAKA48

LAMPIRAN50

BIODATA PENULIS65

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Prinsip Hukum Lenz | 8 |
| Gambar 2.2 Perbedaan Generator Fluks Radial dan Generator Fluks Aksial | 9 |
| Gambar 2.3 Konstruksi Umum Generator <i>Axial Flux</i> | 10 |
| Gambar 2.4 Susunan Magnet Permanen pada <i>Rotor</i> | 11 |
| Gambar 2.5 Tipe Penyusunan <i>Stator</i> : (a) <i>Overlapping</i> , (b) <i>Non - Overlapping</i> | 11 |
| Gambar 2.6 Induktor : (a) Secara Seri, (b) Secara Paralel..... | 12 |
| Gambar 2.7 <i>Multilayer Air Core Solenoid</i> | 14 |
| Gambar 2.8 Lilitan Kawat | 15 |
| Gambar 2.9 Kurva Histeris..... | 15 |
| Gambar 2.10 Perbandingan Kekuatan Magnet Neodymium | 17 |
| Gambar 2.11 Prinsip Kerja Dinamometer | 18 |
| Gambar 2.12 Baterai Aki..... | 20 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian..... | 22 |
| Gambar 3.2 Gambaran Rancangan Alat Alternator..... | 24 |
| Gambar 3.3 Pembuatan Kutub <i>Rotor</i> | 24 |
| Gambar 3.4 Piringan <i>Rotor</i> dengan Kutub Magnet..... | 25 |
| Gambar 3.5 Skema Rotor | 25 |
| Gambar 3.6 Proses Pengulungan Kawat..... | 26 |
| Gambar 3.7 Penempatan Gulungan Kawat..... | 26 |
| Gambar 3.8 Pembuatan 6 Koil | 27 |
| Gambar 3.9 Pengujian Pengisian ACCU oleh <i>Alternator</i> | 28 |
| Gambar 3.10 Pengujian Menggunakan AVometer..... | 28 |
| Gambar 3.11 Pengukuran kecepatan menggunakan <i>tachometer</i> | 28 |
| Gambar 4.1 <i>Multi Layer Air Core Solenoid</i> | 34 |
| Gambar 4.2 Pengukuran Tegangan 3 Koil | 41 |
| Gambar 4.4 Pengukuran Tegangan 6 Koil | 42 |
| Gambar 4.5 Pengujian untuk menghasilkan RPM..... | 42 |
| Gambar 4.6 Grafik Hubungan RPM dengan Tegangan..... | 43 |
| Gambar 4.7 Grafik Hubungan RPM dengan Efisiensi | 44 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Rumus beberapa induktor | 13 |
| Tabel 3.1 Spesifikasi Alternator yang dibuat | 23 |
| Tabel 4.1 Data Spesifikasi Alat yang dibuat | 31 |
| Tabel 4.2 Data Spesifikasi Motor Penggerak | 31 |
| Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Panjang Kawat | 32 |
| Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Hambatan Total | 33 |
| Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Arus..... | 35 |
| Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Tegangan <i>alternator</i> dengan 3 koil | 36 |
| Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Tegangan <i>alternator</i> dengan 6 koil | 36 |
| Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Torsi | 37 |
| Tabel 4.9 Hasil Percobaan Tegangan 3 Koil | 38 |
| Tabel 4.10 Hasil Percobaan Tegangan 6 Koil | 38 |
| Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Effisiensi motor untuk 3 koil ... | 39 |
| Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Effisiensi motor untuk 6 koil ... | 39 |
| Tabel 4.13 Hasil Perbandingan Tegangan <i>Alternator</i> untuk 3 Koil | 40 |
| Tabel 4.14 Hasil Perbandingan Tegangan <i>Alternator</i> untuk 6 Koil | 40 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|------------|---|----|
| Lampiran A | Hasil Perhitungan Tegangan yang dihasilkan oleh Alternator | 50 |
| Lampiran B | Pengukuran Tegangan dan RPM dari alternator secara Langsung | 62 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi memegang peranan penting dalam berbagai kehidupan manusia. Secara garis besar menurut sumbernya energi dibedakan menjadi dua bagian besar yaitu energi dapat diperbaharui dan energi tidak dapat diperbaharui. Energi tidak dapat diperbaharui merupakan sumber energi yang memiliki jumlah terbatas. walaupun ada yang bisa diperbaharui tetapi memerlukan waktu yang sangat lama. Sumber energi tidak dapat diperbaharui yang paling pertama dimanfaatkan manusia adalah berasal dari fosil yang berbentuk dalam jutaan tahun lamanya dikerak bumi. Setelah itu, manusia memulai memanfaatkan minyak bumi dan batu bara. Sumber ini berasal dari mineral. Energi dapat diperbaharui adalah sumber energi yang digunakan secara terus – menerus tanpa dikhawatirkan habis. Sumber energi dapat diperbaharui adalah energi surya matahari yang dimanfaatkan untuk memasak menggunakan kompor dan *solarcell*, *geothermal* merupakan energi yang dihasilkan dari perut bumi, energi angin, energi biomassa yang terdiri dari tanaman hidup dan serpihan kayu. Energi gas alam yang merupakan energi yang terbarukan dan harganya lebih terjangkau daripada bahan bakar minyak, pembangkit listrik tenaga air.

Dewasa ini, persediaan energi tidak terbarukan semakin berkurang jumlahnya. Oleh karena itu, pemanfaatan energi terbarukan menjadi alternatif yang tepat untuk mengatasi masalah ini sehingga penerapan energi terbarukan menjadi meningkat, seperti pemanfaatan energi matahari, angin dan gelombang laut untuk memenuhi kebutuhan energi dalam negeri. Penerapan energi terbarukan yang sudah dilakukan adalah pembangkit energi listrik. Saat ini persediaan energi tak terbarukan semakin berkurang, maka pengembangan energi terbarukan mengalami peningkatan yang sangat signifikan seperti pemanfaatan energi angin, gelombang laut dan matahari. Sebagai contoh pembangkit energi listrik

(*electric generator*) menurut sumbernya dibedakan menjadi dua macam yaitu sumber energi tidak dapat diperbaharui (*Non – Renewable Energy*) dan sumber energi dapat diperbaharui (*Renewable Energy*) (Stram, 2016).

Berbagai upaya yang telah dilakukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan sumber energi tak terbarukan yaitu dengan cara memanfaatkan sumber energi terbarukan seperti energi matahari, air dan angin untuk menghasilkan energi listrik dalam skala besar. Pembangkit listrik yang berasal dari sumber air memiliki prinsip kerja yaitu menggunakan turbin yang dialiri dengan air untuk mengaktifkan sebuah generator untuk menghasilkan energi listrik sedangkan pembangkit listrik yang berasal dari sumber angin digunakan untuk mengerakkan kapal layar dan menggerakkan mesin yang menghasilkan listrik sering disebut kincir angin dan pembangkit listrik yang berasal dari sinar matahari dengan menggunakan sel surya yang berfungsi mengubah energi sel surya menjadi energi listrik.

Energi listrik dapat dihasilkan dari energi mekanik dalam suatu sistem pembangkit listrik dimana pengubahan energi mekanik menjadi energi listrik menggunakan *alternator*. Ada beberapa jenis *alternator* yang terdiri atas letak kutub (kutub dalam berputar pada *rotor* dan kutub luar diam dipasang pada *stator*), putaran medan terhadap *rotor* (generator sinkron dan generator asinkron), jenis arus yang dibangkitkan (generator arus searah (*DC*) dan generator arus bolak – balik (*AC*)), *phase* yang digunakan (generator *AC 1 phase* dan generator *AC 3 phase*), bentuk *rotor* yang digunakan (*rotor selent pole* (digunakan untuk pembangkit RPM rendah dengan contoh PLTA, PLTD), *rotor* silindris (digunakan untuk pembangkit RPM tinggi dengan contoh PLTG, PLTU)), dan jenis magnet yang digunakan (magnet induksi dan magnet permanen) (Rijono, 1997).

Magnet permanen adalah magnet yang sifat kemagnetannya sukar hilang dibandingkan magnet yang lain. Magnet ini bisa menghasilkan arus listrik dengan memiliki prinsip kerja yang cukup sederhana menggunakan prinsip elektromagnetik. Dan

didalam generator yang digunakan terdapat kumparan atau magnet dimana kumparan atau magnet yang dapat berputar menyebabkan terjadinya perubahan jumlah garis – garis gaya magnet lalu energi mekanik yang dihasilkan oleh generator dapat diubah kedalam bentuk energi gerak rotasi. Ini yang menyebabkan GGL induksi dihasilkan secara terus menerus dengan pola yang berulang secara periodik.

Penelitian ini menggunakan sejumlah magnet permanen dari bahan Neodymium yang disusun sedemikian rupa sehingga menghasilkan luaran tegangan 1 fasa. Mengapa dipilih magnet permanen, karena rangkaian akan lebih sederhana tanpa memerlukan catu daya tersendiri yang berfungsi untuk membangkitkan medan magnet induksi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, dirumuskan permasalahan yang akan dibahas pada penelitian tugas akhir ini adalah

1. Bagaimana cara membuat *alternator* berbasis magnet permanen Neodymium?
2. Bagaimana perhitungan daya dan efisiensi *alternator* dari sisi perhitungan teoritis dengan perhitungan dari hasil percobaan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah tersebut, maka tujuan yang hendak dicapai pada penelitian tugas akhir ini adalah

1. Pembuatan *alternator* berbasis magnet permanen Neodymium.
2. Perhitungan daya dan efisiensi *alternator*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah

1. Desain yang digunakan pada *alternator* ini menggunakan magnet permanen yang berjenis Besi Boron Neodymium (NdFeB) dengan ukuran $0.05 \times 0.05 \text{ m}^2$ sebanyak 12 buah pada *rotor* dan 6 buah selenoida, diameter koil dengan jari

- jari dalam 0.05 m, jari – jari luar 0.07 m dan jumlah lilitan 130 yang memiliki diameter 1.6 milimeter, *rotor* 1 buah dan *stator* 2 buah dibuat dari bahan resin, diameter *rotor* dan *stator* 0.35 meter, dan output *alternator* adalah gelombang 1 fasa baik tegangan maupun arus.
- 2. Pengujian menggunakan penggerak dari motor *DC* dengan sumber tegangan *ACCU*.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah dapat memberikan sumbangan *alternator* yang dapat diterapkan pada teknologi pembangkit listrik tenaga angin dan gelombang permukaan air laut dengan RPM yang rendah. Disamping itu *alternator* ini dapat diproduksi sendiri secara mudah (*home made industry*). Sehingga dapat digunakan sebagai solusi murah dan mudah akan kebutuhan energi listrik yang semakin tinggi.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian dari penelitian tugas akhir ini meliputi pembuatan *alternator*, pengujian *alternator* dan pengambilan data pengukuran, perhitungan parameter *alternator* berdasarkan spesifikasi data yang sudah ada serta analisa data dari hasil perhitungan dan pengujian di lapangan.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian tugas akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bab I – Pendahuluan, berisi uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan penelitian.
2. Bab II – Tinjauan Pustaka, berisi tentang dasar – dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian yang dapat menunjang analisa hasil penelitian.
3. Bab III – Metodologi Penelitian, berisi waktu dan tempat penelitian, data penelitian, alat yang digunakan dalam penelitian, serta uraian mengenai metode-metode dan tahapan-tahapan yang dilakukan selama penelitian.

4. Bab IV – Analisa Data dan Pembahasan, menjelaskan tentang hal-hal yang didapat selama penelitian,
5. Bab V– Penutup, berisi uraian mengenai simpulan dari hasil analisa data dan pembahasan serta saran-saran untuk mendukung hasil penelitian.
6. Lampiran, berisi data – data yang digunakan dalam penelitian beserta beberapa gambar yang menunjang penelitian ini.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Generator

Generator merupakan salah satu alat yang mengubah energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik. Generator yang menghasilkan listrik bolak – balik (generator AC) disebut juga dengan *alternator*. Prinsip dasar *alternator* menggunakan hukum Faraday yang berbunyi “Apabila suatu batang penghantar digerakkan didalam suatu medan magnet yang mempunyai garis gaya magnet dari arah kutub utara ke arah kutub selatan, maka pada batang penghantar akan memotong garis – garis gaya magnet yang akan menimbulkan gaya gerak listrik (GGL) atau EMF (*Electro Motive Force*) (Punchstein, 1960).

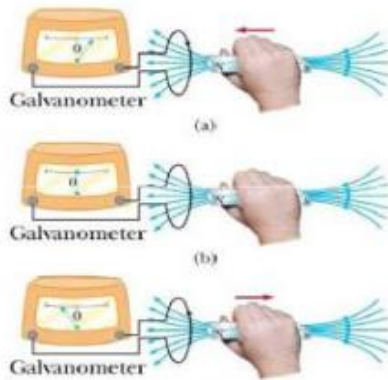
Alternator terdiri dari 2 bagian besar yaitu *stator* dan *rotor*. Dimana pada *stator* terdapat kumparan – kumparan yang menghasilkan gaya gerak listrik (GGL) sedangkan pada *rotor* terdapat sebuah sumber medan magnetik. Untuk sumber medan magnetik dari magnet permanen, jenis magnet yang terbaik adalah jenis *Besi Boron Neodymium* (NdFeB) (Masmoudi, 2011).

2.2 Induksi Elektromagnetik

Induksi elektromagnetik yang terjadi pada generator mengacu pada hukum Faraday dan hukum Lenz. Dimana pada hukum Faraday, dapat dijelaskan bahwa adanya perubahan fluks magnetik pada suatu kumparan dapat menyebabkan gaya gerak listrik (GGL) induksi pada ujung – ujung kumparan tersebut. Fenomena ini oleh Faraday dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut (Giancoli, 2005):

$$E = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (2.1)$$

Sejalan dengan Faraday, menurut Lenz, arus induksi yang muncul akan berlawanan arah dengan arah perubahan fluks yang menyebabkan arus induksi mengalir. Dengan kata lain, arah induksi menghasilkan medan magnet yang melawan arah perubahan fluks magnet (Giancoli, 2005).

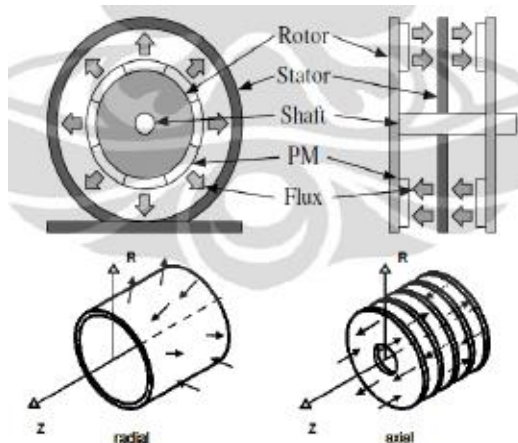


Gambar 2.1 Prinsip Hukum Lenz (Giancoli, 2005).

Fluks magnet tidak akan terjadi pada generator aksial apabila cakram *rotornya* tidak digerakkan. Apabila cakram *rotor* tersebut digerakkan, maka akan dihasilkan tegangan potensial pada generator tersebut. Perubahan kecepatan akan mempengaruhi besarnya tegangan potensial yang dihasilkan generator (Tinjo, 2010).

2.3 Perbedaan Generator Fluks Radial dan Aksial

Generator fluks aksial memiliki struktur yang hampir sama dengan generator fluks radial. Secara umum persamaan diantara keduanya terletak pada komponen *stator* dan *rotor* sedangkan perbedaan diantara keduanya yaitu pada arah fluksnya dimana pada generator fluks radial, arah fluks magnet keluar kesegala arah sehingga bentuk tersebut tidak semua fluks tertangkap pada *stator*. sehingga hal ini menyebabkan sebagian fluks terbentuk akan terbuang dan menjadi rugi – rugi pada generator. Sedangkan pada generator fluks aksial, arah fluks magnet mengarah secara aksial sehingga kondisi ini membuat fluks tidak banyak terbuang dan membuat generator tersebut memiliki efisiensi yang lebih tinggi (Tinjo, 2010).



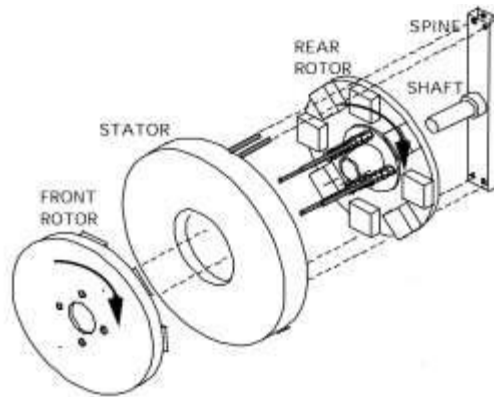
Gambar 2.2 Perbedaan Generator Fluks Radial dan Generator Fluks Aksial (Tinjo, 2010).

2.4 Prinsip Kerja Generator *Axial Flux*

Generator *axial flux* memiliki arah aliran fluks yang memotong *stator* secara aksial. Generator ini memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan generator tipe lain dan sering dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga angin dengan kecepatan yang rendah (Jacek, 2004).

Prinsip kerja generator *axial flux* tidak jauh berbeda dengan prinsip kerja generator pada umumnya. Pada generator *axial flux*, arah garis – garis gaya medan magnet dari magnet yang dirancang sedemikian rupa sehingga arah garis – garis gaya magnet dari kutub magnet permanen keluar secara aksial atau vertikal (M.Sadeghirad, 2007).

Generator ini terdiri atas *rotor* berupa magnet permanen sebagai sumber medan magnet, kumparan *stator* penghasil GGL dan celah udara antara *stator* dan *rotor* (M.Sadeghirad, 2007).



Gambar 2.3 Konstruksi Umum Generator *Axial Flux*
(M.Sadeghirad, 2007).

Medan magnet (B) dari *rotor* akan menembus bidang *stator* (A) menghasilkan fluks magnet (Φ) menghasilkan persamaan sebagai berikut (Chapman, 2002) :

$$\Phi = B A \cos \theta \quad (2.2)$$

Besar nilai fluks (Φ) akan berubah disebabkan karena perubahan nilai dari sudut (θ). Perubahan ini disebabkan karena medan magnet (B) yang bergerak menembus *stator* sehingga menghasilkan sudut terhadap bidang normal oleh *stator* yang berbeda – beda. Perubahan fluks terhadap waktu akan menghasilkan GGL induksi dengan persamaan (Chapman, 2002) :

$$E_A = - N \frac{d\Phi}{dt} \quad (2.3)$$

Tanda negatif dari persamaan 2.3 menunjukkan arah dari gaya gerak listrik (ggl) yang berlawanan dengan tegangan sumber. Tegangan induksi yang dihasilkan berbanding lurus dengan nilai perubahan fluks magnet dan jumlah lilitan pada tiap kumparan *stator* (Chapman, 2002).

Persamaan frekuensi yang akan dihasilkan oleh generator fluks aksial adalah (Chapman, 2002):

$$f = \frac{np}{120} \quad (2.4)$$

Dimana f adalah frekuensi (Hz), n adalah kecepatan putar (RPM) dan p adalah jumlah kutub medan magnet.

2.5 Rotor

Rotor adalah bagian yang bergerak pada generator. *Rotor* pada generator *axial flux* berupa magnet permanen yang ditempelkan pada piringan plat berbentuk lingkaran dengan susunan tertentu. Susunan magnet permanen pada *rotor* berfungsi untuk membangkitkan medan magnet. Poros piringan *rotor* ini dipasangkan *shaft* yang tersambung dengan *shaft aktuator* sehingga ketika *aktuator* berputar piringan rotor ikut berputar. Bentuk *rotor* dapat dilihat pada Gambar 2.4 dibawah ini (Prasetijo, 2016)



Gambar 2.4 Susunan Magnet Permanen pada *Rotor* (Prasetijo, 2016).

2.6 Stator

Stator merupakan komponen yang tidak bergerak pada generator. Pada generator fluks aksial, *stator* yang digunakan berupa piringan plat yang ditempelkan beberapa kumparan dengan inti udara (*air core*) atau dapat dikatakan tidak memiliki inti (*coreless*). Pada umumnya susunan kumparan *stator* dapat terbagi menjadi dua macam yaitu tersusun secara *overlapping* dan *non – overlapping* seperti gambar dibawah (Tinjo, 2010).



Gambar 2.5 Tipe Penyusunan *Stator* : (a) *Overlapping*, (b) *Non – Overlapping* (Tinjo, 2010).

2.7 Induktor

Induktor adalah komponen berupa kumparan kawat penghantar yang memiliki bahan inti berupa bahan elektrik. Induktor dapat menyimpan energi dalam bentuk medan magnetik. Apabila ada arus yang mengalir pada kumparan induktor, maka nilai tegangannya akan berbanding terbalik dengan perubahan arus yang mengalir persatuan waktu. Hal ini digambarkan pada persamaan (2.5) dengan induktansi (L), tegangan (v), dan arus (i) adalah (Riedel, 2011):

$$v(t) = L \frac{di(t)}{dt} \quad (2.5)$$

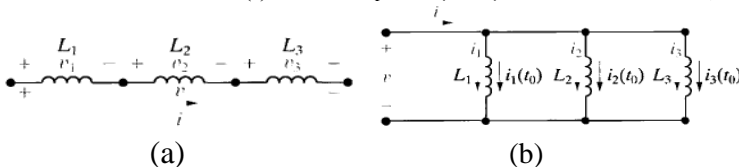
L merupakan induktansi dari suatu induktor. Induktansi adalah efek dari medan magnet yang terbentuk disekitar konduktor pembawa arus yang bersifat menahan perubahan arus. Induktansi diukur berdasarkan jumlah GGL yang di timbulkan untuk setiap perubahan arus terhadap waktu. Sebagai contoh sebuah induktor dengan induktansi 1 Henry dapat menimbulkan GGL sebesar 1 volt saat arus dalam induktor berubah dengan kecepatan 1 ampere per sekon (Riedel, 2010).

Besaran dimana induktor menunjukkan perubahan arus yang mengalir pada induktor menunjukkan perubahan arus yang mengalir yang diukur pada satuan Henry (H). Induktansi berhubungan dengan arus yang mengalir, maka nilai $\frac{di(t)}{dt}$ adalah (Riedel, 2011) :

$$\frac{di(t)}{dt} = 2\pi f I_p \cos(2\pi f t) \quad (2.6)$$

Jadi $v(t)$ didapatkan dengan cara persamaan 2.6 disubstitusikan ke persamaan 2.5 adalah (Riedel, 2011) :

$$v(t) = L 2\pi f I_p \cos(2\pi f t) \quad (2.7)$$



Gambar 2.6 Induktor : (a) Secara Seri, (b) Secara Paralel (Riedel, 2011).

Induktansi ekuivalen dapat dicari apabila induktor disusun secara seri maupun parallel seperti pada Gambar 2.7 (a) dan Gambar 2.7 (b). Persamaan yang digunakan apabila induktor disusun secara seri seperti pada Gambar 2.7(a), adalah (Riedel, 2011) :

$$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n} \quad (2.8)$$

Persamaan yang digunakan apabila induktor disusun paralel seperti Gambar 2.7 (b), adalah (Riedel, 2011),

$$L_{eq} = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n \quad (2.9)$$

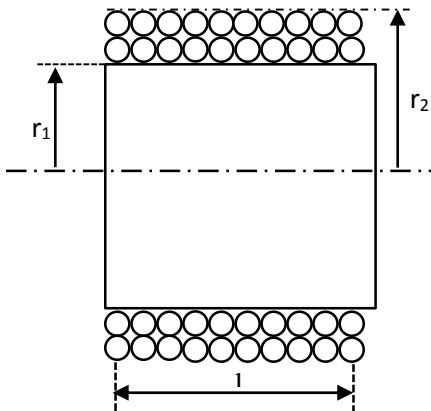
Perhitungan induktansi juga tergantung pada tipe induktornya. Para ahli telah merumuskan nilai induktansi berdasarkan tipe – tipenya. Beberapa rumus dari beberapa tipe induktor disajikan dalam tabel 2.1 yaitu (Riedel, 2011) :

Tabel 2.1 Rumus beberapa induktor

| Konstruksi | Rumus | Keterangan |
|---------------------------------------|---|---|
| Lilitan silinder | $L = \frac{\mu_0 K N^2 \pi r^2}{l}$ | L = induktansi μ_0 =permeabilitas vakum K = koefisien N = jumlah lilitan r = jari-jari lilitan l = panjang lilitan |
| Kawat lurus | $L = 200 l \left(\ln \frac{4l}{d} - 1 \right) 10^{-9}$ | L = induktansi l = panjang kawat d = diameter kawat |
| Lilitan silinder pendek berinti udara | $L = \frac{r^2 N^2}{9r + 10l}$ | L = induktansi r = jari-jarililitan l = panjang kawat N = jumlah lilitan |
| Lilitan berlapis-lapis berinti udara | $L = \frac{0.8r^2 N^2}{6r + 9l + 10d}$ | L = induktansi r = jari-jari lilitan l = panjang kawat |

| | | |
|---------------------------------------|---|--|
| Lilitan spiral datar berinti udara | $L = \frac{r^2 N^2}{(2r + 2.8d) \times 10^5}$ | <p>N = jumlah lilitan d = tebal lilitan</p> <p>L = induktansi r = jari-jari spiral N = jumlah lilitan d = tebal lilitan</p> |
| Inti toroid | $L = \mu_0 \mu_r \frac{N^2 r^2}{D}$ | <p>L = induktansi μ_0 = permeabilitas vakum μ_r = permeabilitas relatif bahan N = jumlah lilitan r = jari-jari gulungan D = diameter keseluruhan</p> |

Multi- Layer Air Core Solenoid

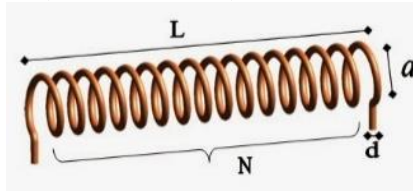


Gambar 2.7 *Multilayer Air Core Solenoid* (Routed.net,2008)

Pada penelitian ini menggunakan kumparan dengan tipe lilitan berlapis berinti udara (*Multilayer Air Core Solenoid*) seperti pada Gambar 2.8 diatas maka dari tabel diatas dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$L = \frac{31.6 r_1^2 N^2}{6r_1 + 9l + 10(r_2 - r_1)} \quad (2.10)$$

Untuk menghitung jumlah lilitan perlapisan maka dapat dilihat gambar dibawah ini (Rudianto, 2015):



Gambar 2.8 Lilitan Kawat (Rudianto, 2015).

Pada Gambar 2.8 diatas maka dapat dihitung jumlah lilitan perlapisan adalah (Riedel, 2011) :

$$N_n = \frac{L}{a} \quad (2.11)$$

Untuk menghitung panjang kawat berlapis, yaitu (Riedel, 2011) :

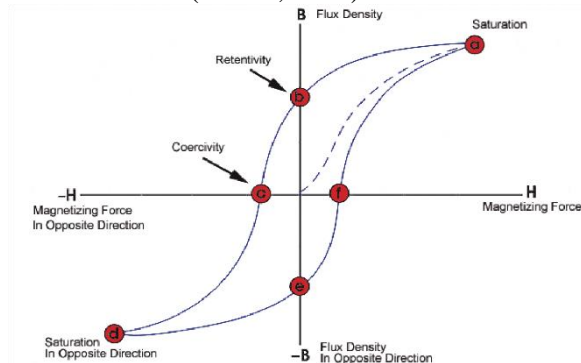
$$l_n = 2\pi a N_n \quad (2.12)$$

Untuk menghitung hambatan induktor (Riedel, 2011) :

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.13)$$

2.8 Karakteristik Medan Neodymium

Sifat – sifat bahan magnetik dapat dijelaskan melalui kurva B(H), seperti dibawah ini (Paulus, 2007):



Gambar 2.9 Kurva Histeris (Paulus, 2007).

Pada Gambar 2.12 dapat dijelaskan sebagai berikut :

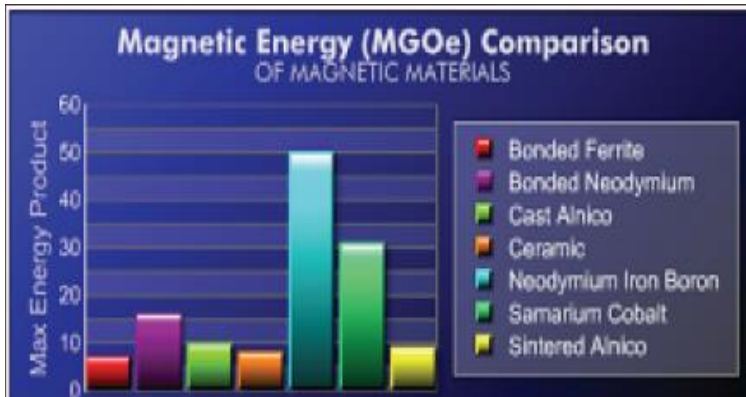
Pada titik **a** bahan mengalami titik jenuh magnetik (magnetisasi saturasi) meskipun bahan mengalami magnetisasi sebesar **H** tetap tidak akan menaikkan nilai fluks magnetiknya (**B**) nya. Ketika nilai **H** direduksi menjadi nol, kurva akan bergerak dari titik **a** ke titik **b**. Pada titik **b** ini, dapat dilihat bahwa masih terdapat sisa fluks magnetic (**B**) sebesar titik **b** pada bahan meskipun gaya magnetisasi (**H**) sudah nol. Hal ini disebut titik retensivitas (*retentivity*) yang menunjukkan besarnya remanensi atau tingkat magnetisasi sisa dalam bahan. Jika nilai retensivitas besar maka sifat kemagnetannya semakin kuat. Pada titik **c** fluks magnetik mengalami pengurangan sampai ke nilai nol dan disebut titik koersivitas. Koersivitas atau *coercivity* (**H_c**) merupakan besarnya medan yang diperlukan untuk membuat kemagnetannya (**B**=0). Semakin besar **H_c** maka sifat kemagnetannya akan semakin kuat. Pada titik **d**, kekuatan magnetik meningkat pada arah negatif sehingga bahan mengalami magnetisasi jenuh (magnetisasi saturasi) tetapi pada arah yang berlawanan. Nilai **H** berkurang sampai nol dan kurva dibawa menuju titik **e**. Pada titik **f** nilai **H** mengalami kenaikan kearah positif sedangkan nilai **B** mengalami penurunan ke titik nol sehingga dari titik **f** kembali ke titik jenuh (magnetisasi saturasi) (Paulus,2007).

Pada magnet Neodymium, fungsi ini nyaris linier dan dapat didekati dengan perumusan (Masmoudi, 2011):

$$B(H) = \frac{B_r}{H_c} H + B_r \quad (2.17)$$

Semakin tinggi kerapatan energi, semakin kecil volume magnet yang dibutuhkan untuk memperoleh kerapatan fluks yang sama pada celah udara (Masmoudi, 2011).

Perbandingan kekuatan magnet neodymium dapat dilihat pada gambar dibawah (Paulus, 2007) :



Gambar 2.10 Perbandingan Kekuatan Magnet Neodymium
(Asyer. 2007)

Densitas fluks magnet (B) merupakan jumlah kemagnetan yang terjadi dalam material (M) dengan kuat medan magnet yang timbul (H). Hubungan antara B dengan H adalah :

$$B = \mu H \quad (2.18)$$

Dimana B ataupun H merupakan besaran vektor, sehingga selain memiliki besaran, keduanya juga memiliki arah. μ (permeabilitas magnet) merupakan suatu konstanta yang menunjukkan derajat magnetisasi material ketika dilewati medan magnet H , sehingga menimbulkan induksi magnet B pada material tersebut. Selanjutnya, hubungan antara B , H dan M dapat ditulis sebagai berikut :

$$B = \mu_0 H + \mu_0 M \quad (2.19)$$

Hubungan antara M dan H juga bisa dicari dengan menambahkan konstanta proporsionalitas (suseptibilitas) yang menunjukkan tingkat magnetisasi material dalam menanggapi medan magnet yang diberikan (H), dapat dilihat dibawah ini :

$$M = X_m H \quad (2.20)$$

Dengan μ_0 merupakan permeabilitas ruang hampa (vakum) yang memiliki nilai $4\pi \times 10^{-7}$ H/m. Parameter lainnya yang sering digunakan untuk menjelaskan sifat – sifat magnet yaitu permeabilitas relative (μ_r) yang merupakan rasio antara

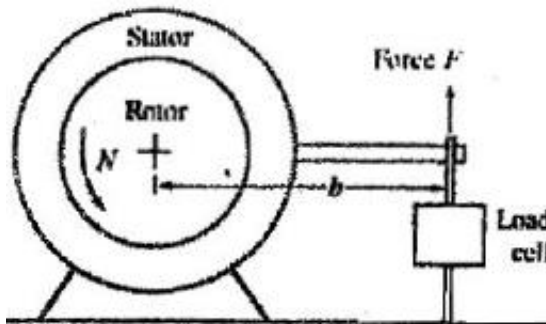
permeabilitas medium dengan permeabilitas vakum dapat dilihat di bawah ini :

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad (2.21)$$

H adalah kuat medan magnet dengan satuan ampere/meter. Kuat medan magnet (H) dan densitas fluks magnet (B) akan timbul pada solenoid ketika solenoid dialiri arus listrik. jika sebuah batangan besi diselipkan kedalam solenoid tersebut, maka pada besi tersebut akan timbul medan magnet yang disebabkan oleh medan magnet (H) dari solenoid dan medan magnet internal akibat sifat feromagnet besi itu sendiri. Oleh karena itu diperlukan besaran lain untuk mendefinisikan besar magnet total yang dialami oleh besi (D.Callister, 2007).

2.9 Dinamometer

Dinamometer biasanya digunakan untuk mengukur torsi sebuah mesin. Prinsip kerja dari Gambar 2.16 adalah rotor dihubungkan secara elektromagnetik dan bergesekan mekanis terhadap *stator* yang ditumpu oleh bidang datar yang mempunyai gesekan kecil sehingga torsi yang dihasilkan *stator* maka *rotor* yang berputar dapat diukur dengan cara menyeimbangkan *stator* dengan pemberat (Faza, 2013).



Gambar 2.11 Prinsip Kerja Dinamometer (Faza, 2013).

Torsi mekanis yang dihasilkan mesin adalah (Faza, 2013). :

$$\tau = W \times r \quad (2.22)$$

Dengan : τ = torsi (Nm)

W= berat load cell (Newton)

R = jarak poros ke load cell (meter)

Adapun daya mekanis (P_{output}) yang dihasilkan oleh mesin atau diserap oleh dinamometer adalah (Faza, 2013) :

$$P = 2\pi v\tau \quad (2.23)$$

Dengan : P = watt

v = kecepatan putar (rpm)

τ = torsi

Sedangkan daya elektrik yang diserap oleh motor penggerak (P_{input}) adalah

$$P = V I \quad (2.24)$$

Dengan : P = watt

V = tegangan (volt)

I = arus (ampere)

Effisiensi yang dihasilkan oleh mesin adalah (Faza, 2013) :

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{input}}} \times 100 \% \quad (2.25)$$

2.10 Subsistem Konversi, Pengaturan dan Penyimpanan

2.10.1. Subsistem Konversi

Subsistem konversi berfungsi untuk mengubah energi dalam bentuk mekanis rotasi sehingga menjadi energi listrik yang terdiri atas transmisi dan generator. Transmisi berfungsi untuk mempercepat putaran pada poros generator (Pasca Atmojo, 2011).

2.10.2. Subsistem Pengaturan

Subsistem pengaturan adalah subsistem yang berfungsi sebagai pengatur energi listrik yang dihasilkan generator. Didalam subsistem pengaturan ada beberapa komponen sebagai berikut : pertama *rectifier* berfungsi untuk menyearahkan arus searah (DC). Inti dari rangkaian *rectifier* ini berupa dioda penyearah jembatan penuh. Kedua penstabil tegangan atau *voltage stabilizer* digunakan untuk menstabilkan tegangan DC hasil penyearahan keluaran tegangan generator agar sesuai dengan masuknya tegangan kedalam baterai sehingga tidak merusak baterai. Pada rangkaian ini juga terdapat proteksi dimana apabila baterai penuh maka pengisian diputus agar tidak terjadi kelebihan beban (Pasca Atmojo, 2011).

2.10.3. Subsistem penyimpanan

Penyimpanan energi listrik pada penelitian ini menggunakan baterai Aki (*accumulator*). Alasan digunakan baterai Aki adalah kapasitasnya yang cukup besar sehingga daya yang tersimpan lebih besar, tegangan yang dihasilkan stabil dengan arus yang cukup besar, mudah diperoleh, mudah perawatan (Pasca Atmojo, 2011).



Gambar 2.12 Baterai Aki (Pasca Atmojo, 2011).

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

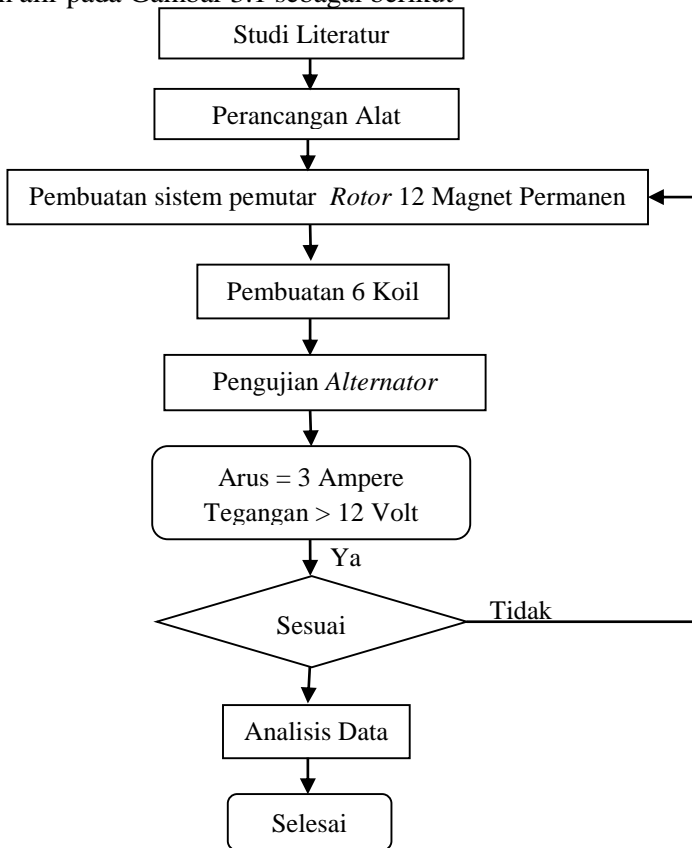
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dan metode perhitungan secara teori. Berikut merupakan peralatan dan bahan yang digunakan serta cara kerja penelitian, yaitu

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan Penelitian yang dilakukan seperti ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 3.1 sebagai berikut



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan informasi yang lebih akurat dalam melaksanakan penelitian sehingga mempermudah penulis untuk melaksanakan kegiatan penelitian di lapangan. Sumber – sumber pustaka yang digunakan penulis dalam penelitian ini merupakan jurnal nasional dan internasional, buku teks, makalah dan dari internet.

3.3 Perancangan Alat

Alternator axial flux coreless dengan menggunakan magnet permanen yang dirancang dalam penelitian ini terdiri atas 6 koil yang dihubungkan secara seri yang diletakkan pada piringan *stator*, magnet permanen neodymium 12 buah pada piringan *rotor*, satu buah flywheel dan satu buah AC motor 200 watt sebagai penggerak. Adapun spesifikasi lengkap dari *alternator* ini dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini :

Tabel 3.1 Spesifikasi Alternator yang dibuat

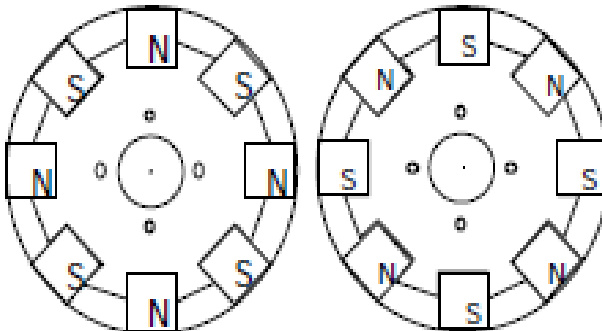
| Parameter | Nilai |
|-----------------------------|----------|
| Arus | 3 Ampere |
| Voltase | 16 Volt |
| Daya | 48 watt |
| Jumlah Magnet | 12 buah |
| Jumlah Koil | 6 pasang |
| Jumlah lilitan | 130 |
| Diameter kawat | 1,6 mm |
| Diameter <i>Rotor</i> | 0,35 m |
| Diameter <i>Stator</i> | 0,35 m |
| Jari – jari dalam solenoida | 0,05 m |
| Jari – jari luar solenoida | 0,07 m |



Gambar 3.2 Gambaran Rancangan Alat Alternator.

3.4 Pembuatan Sistem Pemutar *Rotor* 12 Magnet Permanen

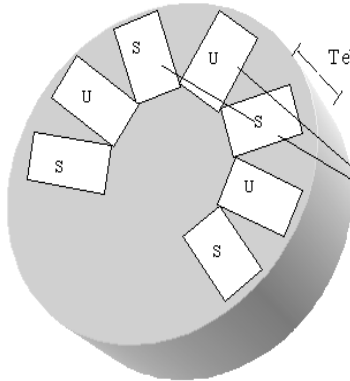
Pembuatan sistem pemutar *rotor* 12 magnet permanen dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut pertama menentukan jumlah magnet pada piringan rotor. Pada penelitian ini menggunakan 12 buah magnet permanen yang disusun secara simetris dengan kutub yang berbeda antara magnet satu dengan magnet yang disebelahnya seperti terlihat pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Pembuatan Kutub *Rotor* (Prasetijo, 2016).

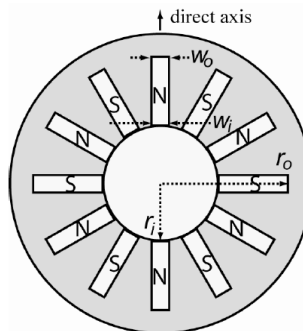
Kedua adalah menentukan jenis magnet dimana magnet yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis magnet NdFeB dengan ukuran 0,05 m x 0,05 m berbentuk persegi. Pemilihan magnet dengan jenis ini dikarenakan magnet jenis neodmium ini lebih kuat dari magnet baja biasa dan cukup mudah didapatkan dipasaran.

Ketiga adalah menentukan jarak antar magnet dengan sudut magnet terhadap pusat piringan *rotor*. Dengan jumlah 12 magnet maka tiap magnet diletakkan pada tiap sudut 36 derajat seperti pada Gambar 3.4 dibawah ini



Gambar 3.4 Piringan *Rotor* dengan Kutub Magnet (Prasetijo, 2016).

Keempat adalah menentukan berat piringan *rotor* agar *rotor* dapat dengan mudah diputar pada kecepatan rendah. Bahan yang dipilih adalah bahan resin dengan diameter 0,35 m. Diameter piringan *rotor* menyesuaikan dengan diameter piringan *stator* agar posisi tiap magnet tepar berada diatas kumparan *stator*. Konfigurasi peletakan magnet permanen pada *rotor* dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Skema Rotor (Prasetijo, 2016).

3.5 Pembuatan 6 koil

Dalam pembuatannya mula – mula diperlukan pola untuk membentuk gulungan (koil) dengan bentuk yang telah disesuaikan, kemudian proses pengulungan kawat seperti terlihat pada Gambar 3.6 dibaawah ini



Gambar 3.6 Proses Pengulungan Kawat

Kumparan yang digulung memiliki diameter dalam sebesar 5 cm dan diameter luar 7 cm dengan banyak lilitan sebesar 300 lilitan seperti terlihat pada Gambar 3.6 diatas. Setelah proses penggulungan kawat semua selesai maka dilakukan perangkaian antara gulungan kawat (kumparan) dengan hubungan rangkaian seri. Ujung – ujung kawat satu kumparan disolder dengan kumparan lain membentuk rangkaian kumparan seri. Hasil pembuatan kumparan *stator* seperti terlihat pada Gambar 3.7 dibawah



Gambar 3.7 Penempatan Gulungan Kawat

Langkah selanjutnya adalah melakukan pengecoran kumparan yang telah disusun tadi menggunakan resin yang sebelumnya dilapisi oleh serat fiber untuk memperkuat keeping stator. Lama

proses pengeringan dari resin membutuhkan waktu minimal 4 jam, kemudian didiamkan selama satu hari supaya resinnya benar – benar kering sehingga pada saat pelepasan dari cetakan tidak mengalami kerusakan. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.8 dibawah



Gambar 3.8 Pembuatan 6 koil

Selanjutnya dilakukan pemeriksaan sambungan antar kumparan dengan menggunakan AVOMeter dengan mengukur tahanannya untuk memeriksa apakah gulungan sudah tersambung dengan baik atau belum. Setelah hasil pengukuran tahanan didapatkan hasil yang baik (tahanan kecil) maka kumparan siap dikopel dengan *rotor*.

3.6 Pengujian Alternator

Pengujian ini bertujuan untuk melihat hasil keluaran dari *alternator* serta faktor apa saja yang dapat mempengaruhi keluaran dari *alternator*. *Alternator* diukur keluaran tegangannya menggunakan AVOMeter seperti pada Gambar 3.10 dan keluaran dari *alternator* juga diuji kemampuannya dalam pengisian ACCU seperti pada Gambar 3.9 dibawah ini

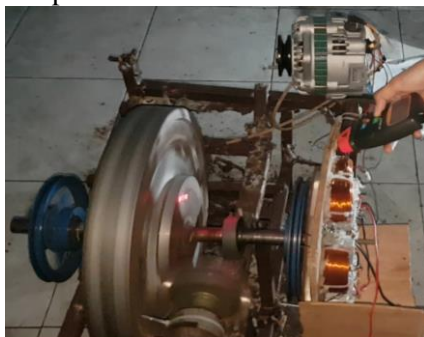


Gambar 3.9 Pengujian Pengisian ACCU oleh *Alternator*



Gambar 3.10 Pengujian Menggunakan AVOMeter.

Pengujian kecepatan putaran *alternator* dilakukan dengan mengukur kecepatan putar *alternator* (RPM) menggunakan *tachometer* seperti pada Gambar 3.11 dibawah



Gambar 3.11 Pengukuran kecepatan menggunakan *tachometer*.

3.7 Analisis Data

Data yang didapat dari hasil pengujian untuk kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan hasil perhitungan secara teoritis. Hasil pengukuran pada proses pengujian diantaranya berupa data tegangan keluaran *alternator*, arus dan kecepatan putar *alternator*. Perhitungan secara teoritis menggunakan parameter – parameter fisis *alternator* yang sudah diukur sebelumnya untuk kemudian dimasukkan pada rumus – rumus yang sesuai untuk menghasilkan perhitungan keluaran *alternator* berupa tegangan dan daya. Kemudian dilakukan analisis perbandingan antara hasil pengukuran dalam proses pengujian secara percobaan dengan hasil perhitungan secara teoritis untuk melihat selisih penyimpangannya. Kemudian dilakukan pula perhitungan efisiensi daya dengan membandingkan hasil pengukuran daya output *alternator* dengan daya output dari motor penggerak.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

Data spesifikasi alat yang digunakan pada berdasarkan data yang sudah didapat penelitian tugas akhir yaitu:

Tabel 4.1 Data Spesifikasi Alat yang dibuat

| No | Keterangan | Ukuran |
|----|-----------------------------|--------|
| 1 | Jumlah lilitan | 130 |
| 2 | Panjang koil | 5 cm |
| 3 | Diameter kawat | 1,6 mm |
| 4 | Jari - jari lilitan dalam | 5 cm |
| 5 | Jari - jari lilitan terluar | 7 cm |

Tabel 4.2 Data Spesifikasi Motor Penggerak

| No | Keterangan | Ukuran |
|----|-------------|--------|
| 1 | Jari –jari | 30 cm |
| 2 | Berat | 35 N |
| 3 | RPM nominal | 360 |
| 4 | Arus | 5A |
| 5 | Tegangan | 12 V |

4.2 Analisa Perhitungan Secara Teori

Perhitungan dalam Tugas Akhir dilakukan dengan cara perhitungan secara teori dari data spesifikasi yang ada, sebagai berikut :

4.2.1 Perhitungan Hambatan Kawat

Langkah – langkah dalam menghitung hambatan kawat kumparan, adalah :

- Perhitungan jumlah lilitan
- Perhitungan panjang kawat perlarik
- Perhitungan hambatan total

4.2.1.1 Perhitungan Jumlah Lilitan (N) :

$$\begin{aligned}
 N_n &= \frac{L}{d} \dots\dots\dots(4.1) \\
 &= \frac{2 \text{ cm}}{1,6 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{20 \text{ mm}}{1,6 \text{ mm}} = 14 \text{ lilitan}$$

4.2.1.2 Perhitungan panjang kawat perlarik (l) :

$$\begin{aligned} l_1 &= 2\pi a N_n \dots\dots\dots (4.2) \\ &= 2 (3,14) 0,02 (14) \\ &= 1,7584 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_2 &= 2\pi(a_1+d) N_n \dots\dots\dots (4.3) \\ &= (2 (3,14) (2+0,32)14)/100 \text{ m} \\ &= 2,039744 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Hasil perhitungan panjang kawat

| No | Diameter Penampang | Panjang per larik (m) |
|-------------------|--------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 1,758 |
| 2 | 2,32 | 2,040 |
| 3 | 2,64 | 2,321 |
| 4 | 2,96 | 2,602 |
| 5 | 3,28 | 2,884 |
| 6 | 3,6 | 3,165 |
| 7 | 3,92 | 3,446 |
| 8 | 4,24 | 3,728 |
| 9 | 4,56 | 4,009 |
| 10 | 4,88 | 4,290 |
| 11 | 5,2 | 4,572 |
| 12 | 5,52 | 4,853 |
| 13 | 5,84 | 5,135 |
| 14 | 6,16 | 5,416 |
| 15 | 6,48 | 5,697 |
| 16 | 6,8 | 5,979 |
| 17 | 7,12 | 6,260 |
| 18 | 7,44 | 6,541 |
| 19 | 7,76 | 6,823 |
| 20 | 8,08 | 7,104 |
| 21 | 8,4 | 7,385 |
| 22 | 8,72 | 7,667 |
| 23 | 9,04 | 7,948 |
| 24 | 9,36 | 8,229 |
| 25 | 9,68 | 8,511 |
| Panjang Kawat (l) | | 128,363 |

4.2.1.3 Perhitungan Hambatan Total (R)

$$\begin{aligned}
 R &= \rho \frac{l}{A} \\
 &= 1,68 \times 10^{-8} \frac{1,758}{0,25 \times 3,14 \times \left(\frac{0,16}{100}\right)^2} \\
 &= 0,015 \text{ ohm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Hambatan Total

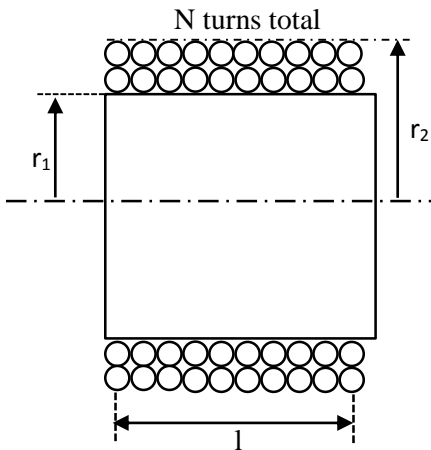
| No | ρ_{Al} (Ωm) | A (m) | l per larik (m) | Hambatan (Ω) |
|--------------------|----------------------------|--------|-----------------|-----------------------|
| 1 | $1,68 \times 10^{-8}$ | 0,0016 | 1,758 | 0,015 |
| 2 | | | 2,040 | 0,017 |
| 3 | | | 2,321 | 0,019 |
| 4 | | | 2,602 | 0,022 |
| 5 | | | 2,884 | 0,024 |
| 6 | | | 3,165 | 0,026 |
| 7 | | | 3,446 | 0,029 |
| 8 | | | 3,728 | 0,031 |
| 9 | | | 4,009 | 0,034 |
| 10 | | | 4,290 | 0,036 |
| 11 | | | 4,572 | 0,038 |
| 12 | | | 4,853 | 0,041 |
| 13 | | | 5,135 | 0,043 |
| 14 | | | 5,416 | 0,045 |
| 15 | | | 5,697 | 0,048 |
| 16 | | | 5,979 | 0,050 |
| 17 | | | 6,260 | 0,052 |
| 18 | | | 6,541 | 0,055 |
| 19 | | | 6,823 | 0,057 |
| 20 | | | 7,104 | 0,059 |
| 21 | | | 7,385 | 0,062 |
| 22 | | | 7,667 | 0,064 |
| 23 | | | 7,948 | 0,066 |
| 24 | | | 8,229 | 0,069 |
| 25 | | | 8,511 | 0,071 |
| Hambatan Total (R) | | | | 1,073 |

4.2.2 Perhitungan Induktansi Kumparan

Perhitungan induktansi menggunakan rumus induktansi wheelers dengan persamaan :

$$L = \frac{31.6 r_1^2 N^2}{6r_1 + 9l + 10(r_2 - r_1)} \dots\dots\dots(4.4)$$

Dimana : r_1 = jari – jari dalam = 5 cm = 0,05 m
 r_2 = jari – jari luar = 7 cm = 0,07 m
 N = banyak lilitan = 130
 l = panjang koil = 5 cm = 0,05 m



Gambar 4.1 *Multi Layer Air Core Solenoid* (Routed.net,2008)

Maka didapatkan hasil :

$$L = \frac{31.6 r_1^2 N^2}{6r_1 + 9l + 10(r_2 - r_1)}$$

$$L = \frac{31.6 0,05^2 130^2}{6(0,05) + 9(0,05) + 10(0,07 - 0,05)}$$

$$= 1897,244 \mu\text{H}$$

$$= 0,00189724 \text{ H}$$

4.2.3 Perhitungan arus yang dihasilkan oleh *alternator*

Perhitungan arus yang dihasilkan kumparan menggunakan rumus :

$$I_p = 2 * \frac{B \ 2 \ l_1}{N} \dots\dots\dots(4.7)$$

$$= \frac{2(1,25 \text{ T})2(1,7584)}{(14)}$$

$$= 0,628 \text{ Ampere}$$

Maka untuk tiap panjang kumparan didapatkan hasil perhitungan sesuai tabel dibawah ini :

Tabel 4.5 Hasil perhitungan Arus

| No | B = 2B _{magnet} (T) | <i>l</i> (m) | Arus (Ampere) |
|-----------------|------------------------------|--------------|---------------|
| 1 | 2,5 | 1,7584 | 0,62800 |
| 2 | | 2,039744 | 0,72848 |
| 3 | | 2,321088 | 0,82896 |
| 4 | | 2,602432 | 0,92944 |
| 5 | | 2,883776 | 1,02992 |
| 6 | | 3,16512 | 1,13040 |
| 7 | | 3,446464 | 1,23088 |
| 8 | | 3,727808 | 1,33136 |
| 9 | | 4,009152 | 1,43184 |
| 10 | | 4,290496 | 1,53232 |
| 11 | | 4,57184 | 1,63280 |
| 12 | | 4,853184 | 1,73328 |
| 13 | | 5,134528 | 1,83376 |
| 14 | | 5,415872 | 1,93424 |
| 15 | | 5,697216 | 2,03472 |
| 16 | | 5,97856 | 2,13520 |
| 17 | | 6,259904 | 2,23568 |
| 18 | | 6,541248 | 2,33616 |
| 19 | | 6,822592 | 2,43664 |
| 20 | | 7,103936 | 2,53712 |
| 21 | | 7,38528 | 2,63760 |
| 22 | | 7,666624 | 2,73808 |
| 23 | | 7,947968 | 2,83856 |
| 24 | | 8,229312 | 2,93904 |
| 25 | | 8,510656 | 3,03952 |
| Arus total (Ip) | | | 3,03952 |

Arus total (Ip) *alternator* secara perhitungan didapatkan sebesar 3,03952 Ampere

4.2.4 Perhitungan Tegangan yang dihasilkan oleh *alternator*

Untuk melakukan perhitungan tegangan *alternator* melalui langkah – langkah sebagai berikut :

- Perhitungan frekuensi *alternator* dengan rumus :

$$f = \frac{360}{60} \times \text{jumlah kutub magnet} \dots\dots\dots (4.8)$$

- Perhitungan tegangan output perkoil dengan rumus :

$$V = L2\pi f I_p \cos (2\pi ft), \text{ dengan } \theta = 0$$

$$V_{\text{maks}} = n_{\text{koil}} * (L2\pi f I_p) \dots\dots\dots (4.9)$$

Dari percobaan dengan beberapa RPM terukur maka di dapatkan perhitungan tegangan ouput sebagai berikut :

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Tegangan *Alternator* dengan 3 koil

| No | RPM | frekuensi (f) | L | Ip | Tegangan maks (V) teoritis |
|----|-------|---------------|-----------|-------|----------------------------|
| 1 | 360 | 72 | 0,0018972 | 3,040 | 7,822 |
| 2 | 482 | 96,4 | 0,0018972 | 3,040 | 10,473 |
| 3 | 482.7 | 96,54 | 0,0018972 | 3,040 | 10,488 |
| 4 | 485.1 | 97,02 | 0,0018972 | 3,040 | 10,540 |
| 5 | 485.3 | 97,06 | 0,0018972 | 3,040 | 10,545 |
| 6 | 485.9 | 97,18 | 0,0018972 | 3,040 | 10,558 |

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Tegangan *Alternator* dengan 6 koil

| No | RPM | frekuensi (f) | L | Ip | Tegangan maks (V) teoritis |
|----|-------|---------------|-----------|-------|----------------------------|
| 1 | 360 | 72 | 0,0018972 | 3,040 | 15,644 |
| 2 | 482 | 96,4 | 0,0018972 | 3,040 | 20,946 |
| 3 | 482.7 | 96,54 | 0,0018972 | 3,040 | 20,977 |
| 4 | 485.1 | 97,02 | 0,0018972 | 3,040 | 21,081 |
| 5 | 485.3 | 97,06 | 0,0018972 | 3,040 | 21,090 |
| 6 | 485.9 | 97,18 | 0,0018972 | 3,040 | 21,116 |

4.2.5 Perhitungan Daya Motor Penggerak

Rumus perhitungan daya mekanis motor penggerak dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P = \frac{2}{3} \tau 2\pi \text{ RPM}$$

Dimana τ adalah torsi dengan rumus:

$$\tau = W r$$

Jika digabungkan maka didapatkan rumus daya mekanis:

$$P = \frac{2}{3} (W r) 2\pi \text{ RPM} \dots\dots\dots (4.10)$$

Diambil salah satu contoh dengan RPM = 360 adalah :

$$\begin{aligned} \tau &= W r \\ &= 35 \text{ N } (30/100) \text{ m} \\ &= 10,5 \text{ Nm} \\ P &= \frac{2}{3} \tau 2\pi \text{ RPM} \\ &= \frac{2}{3} 10,5 \text{ Nm } 2(3.14) \left(\frac{360}{60}\right) \\ &= 263,76 \text{ watt} \end{aligned}$$

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Torsi

| No | Berat (N) | r (cm) | r (m) | RPM | Torsi (Nm) | Daya (watt) |
|-------------|-----------|--------|-------|-------|------------|-------------|
| 1 | 35 | 30 | 0,3 | 360 | 10,5 | 263,76 |
| 2 | 35 | 30 | 0,3 | 482 | 10,5 | 353,1453 |
| 3 | 35 | 30 | 0,3 | 482,7 | 10,5 | 353,6582 |
| 4 | 35 | 30 | 0,3 | 485,1 | 10,5 | 355,4166 |
| 5 | 35 | 30 | 0,3 | 485,3 | 10,5 | 355,5631 |
| 6 | 35 | 30 | 0,3 | 485,9 | 10,5 | 356,0027 |
| rata - rata | | | | 463,5 | 10,5 | 339,591 |

Rumus untuk daya listrik motor penggerak menggunakan rumus :

$$P = V I \dots\dots\dots (4.11)$$

Dimana, V = Tegangan

I = Arus

Dari data spesifikasi motor penggerak didapat $V = 12V$ dan $I = 5A$ maka,

$$\begin{aligned} P &= 12 V \times 5 A \\ &= 60 \text{ Watt} \end{aligned}$$

4.3 Analisa Pengukuran Berdasarkan Percobaan

4.3.1 Hasil Pengukuran Tegangan Alternator

4.3.1.1 Hasil Pengukuran Alternator 3 Koil adalah sebagai berikut :

Tabel 4.9 Hasil Percobaan Tegangan 3 Koil

| No | RPM | Tegangan ukur (V) |
|----|-------|-------------------|
| 1 | 360 | 5,8 |
| 2 | 482 | 6 |
| 3 | 482,7 | 6,3 |
| 4 | 485,1 | 6,6 |
| 5 | 485,3 | 6,7 |
| 6 | 485,9 | 6,9 |

4.3.1.2 Hasil Pengukuran Alternator 6 Koil adalah sebagai berikut :

Tabel 4.10 Hasil Percobaan Tegangan 6 Koil

| No | RPM | Tegangan ukur (V) |
|----|-------|-------------------|
| 1 | 360 | 13,8 |
| 2 | 482 | 14,1 |
| 3 | 482,7 | 14,4 |
| 4 | 485,1 | 14,6 |
| 5 | 485,3 | 14,7 |
| 6 | 485,9 | 14,9 |

4.3.2 Hasil Perhitungan Effisiensi Motor

Untuk mendapatkan efisiensi yang dihasilkan oleh motor adalah digunakan rumus :

$$\eta = \frac{P_{\text{output}}}{P_{\text{input}}} \times 100 \% \dots\dots\dots (4.12)$$

Dimana, P input = Daya motor penggerak

Poutput = Daya Alternator

Tabel 4.11 Hasil perhitungan Effisiensi motor untuk 3 koil

| No | RPM | Daya Motor penggerak (W) | Arus Alternator (A) | Tegangan Alternator (V) | Daya Alternator (W) | η (%) |
|----|-------|--------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|------------|
| 1 | 360 | 60 | 2,5 | 5,8 | 14,5 | 24,167 |
| 2 | 482 | 60 | 2,5 | 6 | 15 | 25,000 |
| 3 | 482,7 | 60 | 2,5 | 6,3 | 15,75 | 26,250 |
| 4 | 485,1 | 60 | 2,5 | 6,6 | 16,5 | 27,500 |
| 5 | 485,3 | 60 | 2,5 | 6,7 | 16,75 | 27,917 |
| 6 | 485,9 | 60 | 2,5 | 6,9 | 17,25 | 28,750 |

Tabel 4.12 Hasil perhitungan Effisiensi motor untuk 6 koil

| No | RPM | Daya Motor penggerak (W) | Arus Alternator (A) | Tegangan Alternator (V) | Daya Alternator (W) | η (%) |
|----|-------|--------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|------------|
| 1 | 360 | 60 | 2,5 | 13,8 | 34,5 | 57,500 |
| 2 | 482 | 60 | 2,5 | 14,1 | 35,25 | 58,750 |
| 3 | 482,7 | 60 | 2,5 | 14,4 | 36 | 60,000 |
| 4 | 485,1 | 60 | 2,5 | 14,6 | 36,5 | 60,833 |
| 5 | 485,3 | 60 | 2,5 | 14,7 | 36,75 | 61,250 |
| 6 | 485,9 | 60 | 2,5 | 14,9 | 37,25 | 62,083 |

4.4 Perbandingan antara hasil perhitungan dengan pengukuran

Setelah dilakukan analisa secara perhitungan dan pengukuran langsung dilapangan lalu membandingkannya sebagai berikut :

4.4.1 Perbandingan Arus Alternator

Arus teoritis (I_p teori) = 2.9 A

Arus hasil pengukuran (I_p ukur) = 2.5 A

Maka :

$$\begin{aligned}\text{Deviasi} &= \frac{ip\text{ teori} - ip\text{ukur}}{ip\text{teori}} \times 100\% \dots\dots\dots (4.13) \\ &= \frac{2,9\text{ A} - 2,5}{2,9} \times 100\% \\ &= 13,8\%\end{aligned}$$

4.4.2 Perbandingan Tegangan Alternator

$$\text{Deviasi} = \frac{v\text{ teori} - v\text{ukur}}{v\text{ teori}} \times 100\% \dots\dots\dots (4.14)$$

Tabel 4.13 Hasil Perbandingan Tegangan Alternator untuk 3 Koil

| No | RPM | Tegangan Pengukuran (Vukur) | Tegangan teoritis (V teoritis) | Deviasi (%) |
|----|-------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| 1 | 360 | 5.8 | 7,822 | 25,85 |
| 2 | 482 | 6 | 10,473 | 42,71 |
| 3 | 482.7 | 6.3 | 10,488 | 39,93 |
| 4 | 485.1 | 6.6 | 10,540 | 37,38 |
| 5 | 485.3 | 6.7 | 10,545 | 36,46 |
| 6 | 485.9 | 6.9 | 10,558 | 34,65 |

Tabel 4.14 Hasil Perbandingan Tegangan Alternator untuk 6 Koil

| No | RPM | Tegangan Pengukuran (Vukur) | Tegangan teoritis (V teoritis) | Deviasi (%) |
|----|-------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| 1 | 360 | 13,8 | 15,644 | 11,79 |
| 2 | 482 | 14,1 | 20,946 | 32,68 |
| 3 | 482.7 | 14,4 | 20,977 | 31,35 |
| 4 | 485.1 | 14,6 | 21,081 | 30,74 |
| 5 | 485.3 | 14,7 | 21,090 | 30,30 |
| 6 | 485.9 | 14,9 | 21,116 | 29,44 |

Perbedaan antara perhitungan dan pengukuran disebabkan adanya rugi – rugi daya sehingga hasil pengukuran lebih kecil dari perhitungan teoritis. Rugi – rugi daya yang hilang ini disebabkan karena panas atau ada yang hilang di fluks magnetik yang tidak semuanya diserap oleh koil atau tidak semua medan magnetiknya bisa dikonversi ke listrik.

4.5 Pembahasan

Penelitian tugas akhir ini, merancang sebuah *alternator* (Generator arus bolak – balik) menghasilkan energi listrik AC untuk kemudian diubah menjadi listrik DC melalui penyearah gelombang penuh dengan dioda jembatan (*full wave bridge rectifier*) supaya dapat mengisi baterai. Sebelum energi listrik itu mengisi baterai maka tegangan tersebut harus disesuaikan dengan menggunakan *controller* yang bertujuan agar tegangan yang dihasilkan tidak melebihi atau kurang dari spesifikasi yang diperlukan untuk pengisian sebuah baterai.

Pada pengujian tegangan dalam penelitian ini, besaran hambatan dari kumparan dibuat 2 (dua) variasi yaitu rangkaian 3 koil secara seri dan rangkaian 6 koil secara seri. Pada masing – masing variasi dilakukan pengujian tegangan dengan cara meletakkan ujung probe positif dari multimeter ke bagian kumparan sedangkan ujung probe negatif dari multimeter (ground) ke bagian kumparan yang lainnya. Dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.

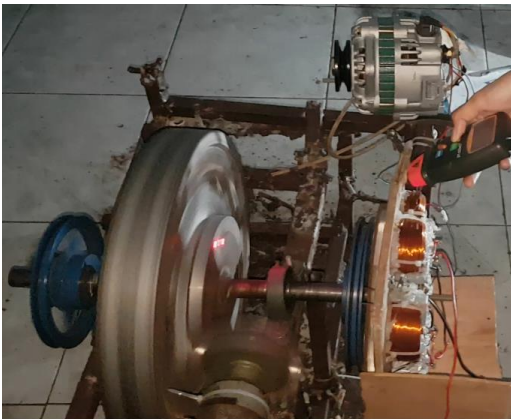


Gambar 4.2 Pengukuran Tegangan 3 koil



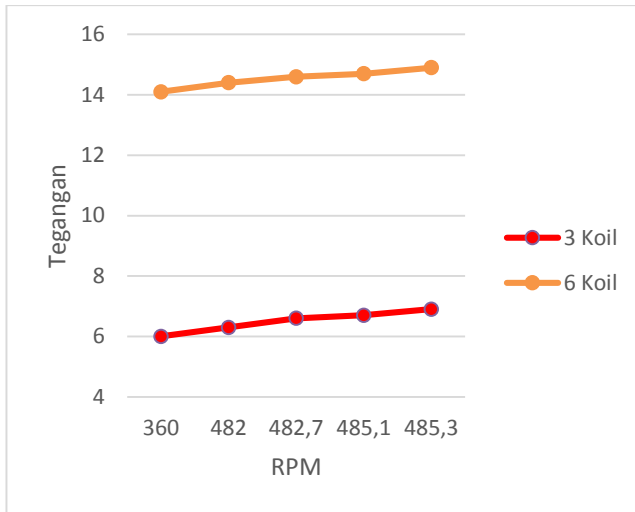
Gambar 4.3 Pengukuran Tegangan 6 koil

Pengukuran RPM menggunakan sebuah alat yang bernama *tachometer*. Pada penelitian ini, *tachometer* menggunakan prinsip sinar laser dimana sinar laser langsung ditembakkan kesalahsatu poros yang akan dituju (disini terletak pada jari – jari dalam ini disebabkan jari – jari dalam tersebut yang berputar pada porosnya) dan display digital dari *tachometer* akan menunjukkan putaran poros motor.



Gambar 4.4 Pengujian untuk menghasilkan RPM

Setelah penjelasan diatas maka didapatkan hubungan RPM dengan V_{input} 6 koil dan hubungan RPM dengan V_{input} 3 koil.

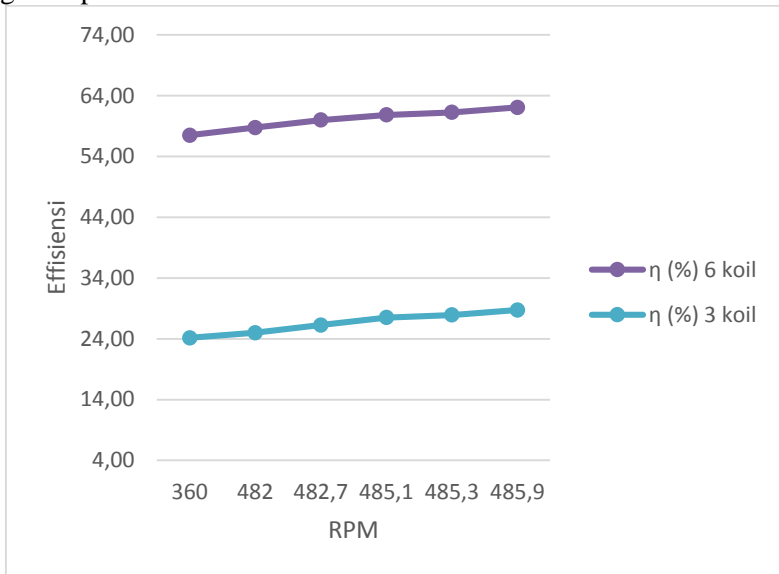


Gambar 4.5 Grafik Hubungan RPM dengan Tegangan

Pada Gambar 4.5 kecepatan putaran motor penggerak akan mempengaruhi tegangan listrik keluaran *alternator*. Jika salah satu besaran dibuat variabel dengan besaran lainnya tetap maka banyaknya putaran akan sebanding dengan besarnya besaran tersebut. Dengan demikian jika tegangan dibuat variabel dan besaran lainnya dibuat tetap maka besarnya tegangan akan berbanding lurus dengan kecepatan putaran. Berdasarkan hasil yang diperoleh terlihat bahwa grafik antara kecepatan putar (RPM) dengan tegangan yang dihasilkan oleh masing – masing variasi berbentuk linier, hal ini disebabkan karena semakin besar hambatan (coil) yang membangkitkan medan magnet ketika dialiri arus listrik mengubah arah gerak (arah kecepatan) dan memberikan tenaga untuk rotor berputar (RPM) maka semakin besar kecepatan putar (RPM) maka nilai tegangan yang dihasilkan juga semakin besar yang dimana merupakan tegangan searah (DC) setelah dilewatkan melalui dioda bridge.

Dapat dilihat pula bahwa *alternator* dengan 6 koil mampu menghasilkan tegangan yang lebih tinggi daripada *alternator* dengan 3 koil. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi RPM dan

semakin banyak koil maka semakin tinggi pula tegangan alternator yang mampu dihasilkan.



Gambar 4.6 Grafik Hubungan RPM dengan Effisiensi

Grafik 4.6 dapat dilihat bahwa semakin besar RPM maka efisiensi dari *alternator* semakin tinggi pula. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi RPM maka semakin tinggi pula daya keluarannya sehingga daya outputnya juga semakin besar dibandingkan dengan daya input dari motor penggeraknya. Begitu juga *alternator* dengan 6 koil memiliki efisiensi yang lebih tinggi dari *alternator* dengan 3 koil. Maka dapat disimpulkan untuk mempertinggi efisiensi *alternator* dengan cara mempertinggi RPM dan memperbanyak koil.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pembuatan *Alternator* berbasis magnet permanen Neodymium sebanyak 12 buah pada rotor dan 6 buah pada solenoida. Dimensi rotor dan stator dengan diameter 0,35 meter. Dimensi dari magnet permanen adalah 0,05 meter x 0,05 meter sedangkan ukuran dari solenoida adalah lingkaran dengan jari – jari dalam 0,05 meter dan jari – jari luar 0,07 meter berisi 130 lilitan kawat imael berdiameter 1,6 milimeter dapat menghasilkan arus rata – rata sebesar 2,5 A dan tegangan rata – rata untuk 3 koil sebesar 5,8 V– 6,9 V sedangkan untuk 6 koil sebesar 13,8 V - 14,9 V.
2. Semakin besar RPM maka efisiensi *alternator* juga semakin besar sehingga daya output yang dihasilkan juga lebih besar.
3. *Alternator* dengan 6 koil memiliki efisiensi yang lebih tinggi dari *alternator* dengan 3 koil.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian tugas akhir ini terdapat beberapa saran yaitu dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menganalisa bentuk gelombang tegangan yang dihasilkan dan dapat diterapkan pada pembangkit listrik yang aplikatif seperti dikopel dengan kincir angin

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Chapman. Stephen J. 2002. “*Electric Machinery and Power System Fundamentals*”. New york : McGraw – Hill.
- D.Callister, William Jr. 2007.”Material Science and Engineering An Introduction Seven Edition”. John Willey & Sons inc. New York
- Faza, Kemal.2013. “Analisa Variasi Hambatan dan Tengan Listrik pada Koil terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah” Skripsi, Universitas Jember.
- Giancoli, D.C. 2005. “*Physics : principles with applications Sixth Edition*”, Pearson Education - United States America.
- Jacek F.Gieras, Rong – Jie Wang, Maarten J.Kamper. 2004. “*Axial Flux Permanent Magnet Brushless Machine*”. Kluwer academic Publisher. New York.
- Masmoudi,A.,Drazikowski,L.,Koczara,W. 2011. “*Permanent Magnet disk generator with coreless windings*”. Compel-Int J,COMPUT.Math.Electr. Electron. Eng. 31, 108–118.
- M.Sadeghirad, *et al.* 2007. “*Design Considerations of High Speed Axial Flux Permanent Magnet Generator With Coreless*”. Statpr. IPEC.
- Pasca Atmojo, Andre. 2011. “Analisis Unjuk Kerja Rancang Bangun Generator Axial Cakram Tunggal Sebagai Pembangkit Listrik Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savonius”. Skripsi, Universitas Indonesia.
- Paulus, Asyer. 2007. “ Pengaruh Tekanan Kompaksi dan waktu Penahanan Temperatur Sintering Terhadap Sifat Magnetik dan kekerasan pada pembuatan Iron Soft Magnetik dari Serbuk Besi”. Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Prasetyo, H., Ropiudin, R., Dharmawan, B. 2016. Generator Magnet Permanen Sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah. J. Ilm. Din. Rekayasa DINAREK 8, 70–77.

- Punchstein, A.F., Lioyd,T.C., Conrad, A.G., 1960. *“Alternating Current Machines”*. New York : John Willey and Sons Inc.
- Riedel, Nilson. 2011. *“Electric Circuit Ninth Editions”*. New Jersey : Prentice Hall.
- Rijono, Yon . 1997. Dasar Teknik Tenaga Listrik. Yogyakarta : Andi Offset.
- Rudiyanto, Hasnanto. 2015. Penggunaan ICViper 22A Pada Catu Daya Model Penyaklaran Untuk Pemutar Cakram DVD. Skripsi, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Stram,B.N. 2016. *“Key Challenges to expanding renewable energy”*. energy policy.
- Tinjo, R. 2010. Optimasi Jarak Celah Udara Generator Sinkron Magnet Permanen Fluks Aksial *Rotor* Cakram Ganda Dengan *Stator* Tanpa Inti. Skripsi, Universitas Indonesia.
- <http://microblog.routed.net/wp-content/uploads/2008/10/pancakewheel.pdf> Diunduh pada tanggal 5 Mei 2017 jam 10:52

LAMPIRAN A

Hasil Perhitungan Tegangan yang dihasilkan oleh *alternator*

1. Perhitungan Tegangan dengan RPM = 360/menit

Untuk menghitung Frekuensi dengan RPM = 360/menit adalah :

$$f = \frac{360}{60} \times 12 = 72 \text{ Hz}$$

Tegangan Output yang dihasilkan dari induksi 2 magnet dalam 3 koil adalah :

$$V = L2\pi f I_p \cos(2\pi ft), \text{ dengan } \theta = 0$$

$$\begin{aligned} V_{\text{maks}} &= 3 * (L2\pi f I_p) \\ &= 3 * ((0,0018972) (2) (3,14) (72) (0,628)) \\ &= 1,616 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Tegangan Output yang dihasilkan dari induksi 2 magnet dalam 6 koil adalah :

$$V = L2\pi f I_p \cos(2\pi ft), \text{ dengan } \theta = 0$$

$$\begin{aligned} V_{\text{maks}} &= 6 * (L2\pi f I_p) \\ &= 6 * ((0,0018972) (2) (3,14) (72) (0,628)) \\ &= 3,232 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Tegangan Output untuk RPM 360

| No | f(Hz) | I (A) | L(H) | Tegangan (V) |
|----|-------|-------|-----------|--------------|
| 1 | | 0,628 | | 1,616 |
| 2 | | 0,728 | | 1,875 |
| 3 | | 0,829 | | 2,133 |
| 4 | | 0,929 | | 2,392 |
| 5 | | 1,030 | | 2,651 |
| 6 | | 1,130 | | 2,909 |
| 7 | | 1,231 | | 3,168 |
| 8 | | 1,331 | | 3,426 |
| 9 | 72 | 1,432 | 0,0018972 | 3,685 |
| 10 | | 1,532 | | 3,943 |
| 11 | | 1,633 | | 4,202 |
| 12 | | 1,733 | | 4,461 |
| 13 | | 1,834 | | 4,719 |
| 14 | | 1,934 | | 4,978 |
| 15 | | 2,035 | | 5,236 |
| 16 | | 2,135 | | 5,495 |
| 17 | | 2,236 | | 5,754 |

| | | |
|----|-------|-------|
| 18 | 2,336 | 6,012 |
| 19 | 2,437 | 6,271 |
| 20 | 2,537 | 6,529 |
| 21 | 2,638 | 6,788 |
| 22 | 2,738 | 7,046 |
| 23 | 2,839 | 7,305 |
| 24 | 2,939 | 7,564 |
| 25 | 3,040 | 7,822 |

Tegangan (V_{maks}) untuk 3 koil 7,822

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Tegangan Output untuk RPM 360

| No | f(Hz) | I (A) | L(H) | Tegangan (V) |
|--------------------------------------|-------|-------|-----------|--------------|
| 1 | | 0,628 | | 3,232 |
| 2 | | 0,728 | | 3,750 |
| 3 | | 0,829 | | 4,267 |
| 4 | | 0,929 | | 4,784 |
| 5 | | 1,030 | | 5,301 |
| 6 | | 1,130 | | 5,818 |
| 7 | | 1,231 | | 6,335 |
| 8 | | 1,331 | | 6,853 |
| 9 | | 1,432 | | 7,370 |
| 10 | | 1,532 | | 7,887 |
| 11 | | 1,633 | | 8,404 |
| 12 | | 1,733 | | 8,921 |
| 13 | 72 | 1,834 | 0,0018972 | 9,438 |
| 14 | | 1,934 | | 9,956 |
| 15 | | 2,035 | | 10,473 |
| 16 | | 2,135 | | 10,990 |
| 17 | | 2,236 | | 11,507 |
| 18 | | 2,336 | | 12,024 |
| 19 | | 2,437 | | 12,541 |
| 20 | | 2,537 | | 13,059 |
| 21 | | 2,638 | | 13,576 |
| 22 | | 2,738 | | 14,093 |
| 23 | | 2,839 | | 14,610 |
| 24 | | 2,939 | | 15,127 |
| 25 | | 3,040 | | 15,644 |
| Tegangan (V_{maks}) untuk 6 koil | | | | 15,644 |

2. Perhitungan Tegangan dengan RPM = 482/menit

Untuk menghitung Frekuensi dari alat yang digunakan dengan RPM = 482/menit adalah :

$$f = \frac{482}{60} \times 12 = 96,4 \text{ Hz}$$

Tegangan Output yang dihasilkan dari induksi 2 magnet dalam 3 koil adalah :

$$V = L2\pi f I_p \cos(2\pi ft), \text{ dengan } \theta = 0$$

$$\begin{aligned} V_{\text{maks}} &= 3 * (L2\pi f I_p) \\ &= 3 * ((0,0018972) (2) (3,14) (96,4) (0,628)) \\ &= 2,164 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Tegangan Output yang dihasilkan dari induksi 2 magnet dalam 6 koil adalah :

$$V = L2\pi f I_p \cos(2\pi ft), \text{ dengan } \theta = 0$$

$$\begin{aligned} V_{\text{maks}} &= 6 * (L2\pi f I_p) \\ &= 6 * ((0,0018972)(2)(3,14)(96,4)(0,628)) \\ &= 4,328 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan 3 Koil Tegangan Output untuk RPM 482

| No | f(Hz) | I (A) | L(H) | Tegangan (V) |
|----|-------|-------|-----------|--------------|
| 1 | 96,4 | 0,628 | 0,0018972 | 2,164 |
| 2 | | 0,728 | | 2,510 |
| 3 | | 0,829 | | 2,856 |
| 4 | | 0,929 | | 3,203 |
| 5 | | 1,030 | | 3,549 |
| 6 | | 1,130 | | 3,895 |
| 7 | | 1,231 | | 4,241 |
| 8 | | 1,331 | | 4,587 |
| 9 | | 1,432 | | 4,934 |
| 10 | | 1,532 | | 5,280 |
| 11 | | 1,633 | | 5,626 |
| 12 | | 1,733 | | 5,972 |
| 13 | | 1,834 | | 6,318 |
| 14 | | 1,934 | | 6,665 |
| 15 | | 2,035 | | 7,011 |
| 16 | | 2,135 | | 7,357 |
| 17 | | 2,236 | | 7,703 |
| 18 | | 2,336 | | 8,050 |

| | | |
|--------------------------------------|-------|--------|
| 19 | 2,437 | 8,396 |
| 20 | 2,537 | 8,742 |
| 21 | 2,638 | 9,088 |
| 22 | 2,738 | 9,434 |
| 23 | 2,839 | 9,781 |
| 24 | 2,939 | 10,127 |
| 25 | 3,040 | 10,473 |
| Tegangan (V_{maks}) untuk 3 koil | | 10,473 |

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan 6 Koil Tegangan Output untuk RPM 482

| No | f(Hz) | I (A) | L(H) | Tegangan (V) |
|--------------------------------------|-------|-------|-----------|--------------|
| 1 | | 0,628 | | 4,328 |
| 2 | | 0,728 | | 5,020 |
| 3 | | 0,829 | | 5,713 |
| 4 | | 0,929 | | 6,405 |
| 5 | | 1,030 | | 7,097 |
| 6 | | 1,130 | | 7,790 |
| 7 | | 1,231 | | 8,482 |
| 8 | | 1,331 | | 9,175 |
| 9 | | 1,432 | | 9,867 |
| 10 | | 1,532 | | 10,560 |
| 11 | | 1,633 | | 11,252 |
| 12 | | 1,733 | | 11,945 |
| 13 | 96,4 | 1,834 | 0,0018972 | 12,637 |
| 14 | | 1,934 | | 13,329 |
| 15 | | 2,035 | | 14,022 |
| 16 | | 2,135 | | 14,714 |
| 17 | | 2,236 | | 15,407 |
| 18 | | 2,336 | | 16,099 |
| 19 | | 2,437 | | 16,792 |
| 20 | | 2,537 | | 17,484 |
| 21 | | 2,638 | | 18,176 |
| 22 | | 2,738 | | 18,869 |
| 23 | | 2,839 | | 19,561 |
| 24 | | 2,939 | | 20,254 |
| 25 | | 3,040 | | 20,946 |
| Tegangan (V_{maks}) untuk 6 koil | | | | 20,946 |

3. Perhitungan Tegangan dengan RPM = 482,7/menit

Untuk menghitung Frekuensi dari alat yang digunakan dengan RPM = 482,7/menit adalah :

$$f = \frac{482,7}{60} \times 12 = 96,54 \text{ Hz}$$

Tegangan Output yang dihasilkan dari induksi 2 magnet dalam 3 koil adalah :

$$V = L2\pi f I_p \cos(2\pi ft), \text{ dengan } \theta = 0$$

$$\begin{aligned} V_{\text{maks}} &= 3 * (L2\pi f I_p) \\ &= 3 * ((0,0018972) (2) (3,14) (96,54) (0,628)) \\ &= 2,167 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Tegangan Output yang dihasilkan dari induksi 2 magnet dalam 6 koil adalah :

$$V = L2\pi f I_p \cos(2\pi ft), \text{ dengan } \theta = 0$$

$$\begin{aligned} V_{\text{maks}} &= 6 * (L2\pi f I_p) \\ &= 6 * ((0,0018972) (2) (3,14) (96,54) (0,628)) \\ &= 4,334 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Tabel 4.19 Hasil Perhitungan 3 Koil Tegangan Output untuk RPM 482,7

| No | f(Hz) | I (A) | L(H) | Tegangan (V) |
|----|-------|-------|-----------|--------------|
| 1 | 96,54 | 0,628 | 0,0018972 | 2,167 |
| 2 | | 0,728 | | 2,514 |
| 3 | | 0,829 | | 2,860 |
| 4 | | 0,929 | | 3,207 |
| 5 | | 1,030 | | 3,554 |
| 6 | | 1,130 | | 3,901 |
| 7 | | 1,231 | | 4,247 |
| 8 | | 1,331 | | 4,594 |
| 9 | | 1,432 | | 4,941 |
| 10 | | 1,532 | | 5,288 |
| 11 | | 1,633 | | 5,634 |
| 12 | | 1,733 | | 5,981 |
| 13 | | 1,834 | | 6,328 |
| 14 | | 1,934 | | 6,674 |
| 15 | | 2,035 | | 7,021 |
| 16 | | 2,135 | | 7,368 |
| 17 | | 2,236 | | 7,715 |
| 18 | | 2,336 | | 8,061 |

| | | |
|--------------------------------------|-------|--------|
| 19 | 2,437 | 8,408 |
| 20 | 2,537 | 8,755 |
| 21 | 2,638 | 9,101 |
| 22 | 2,738 | 9,448 |
| 23 | 2,839 | 9,795 |
| 24 | 2,939 | 10,142 |
| 25 | 3,040 | 10,488 |
| Tegangan (V_{maks}) untuk 3 koil | | 10,488 |

Tabel 4.20 Hasil Perhitungan 6 Koil Tegangan Output untuk RPM 482,7

| No | f(Hz) | I (A) | L(H) | Tegangan (V) |
|--------------------------------------|-------|-------|-----------|--------------|
| 1 | | 0,628 | | 4,334 |
| 2 | | 0,728 | | 5,027 |
| 3 | | 0,829 | | 5,721 |
| 4 | | 0,929 | | 6,414 |
| 5 | | 1,030 | | 7,108 |
| 6 | | 1,130 | | 7,801 |
| 7 | | 1,231 | | 8,495 |
| 8 | | 1,331 | | 9,188 |
| 9 | | 1,432 | | 9,882 |
| 10 | | 1,532 | | 10,575 |
| 11 | | 1,633 | | 11,268 |
| 12 | | 1,733 | | 11,962 |
| 13 | 96,54 | 1,834 | 0,0018972 | 12,655 |
| 14 | | 1,934 | | 13,349 |
| 15 | | 2,035 | | 14,042 |
| 16 | | 2,135 | | 14,736 |
| 17 | | 2,236 | | 15,429 |
| 18 | | 2,336 | | 16,123 |
| 19 | | 2,437 | | 16,816 |
| 20 | | 2,537 | | 17,509 |
| 21 | | 2,638 | | 18,203 |
| 22 | | 2,738 | | 18,896 |
| 23 | | 2,839 | | 19,590 |
| 24 | | 2,939 | | 20,283 |
| 25 | | 3,040 | | 20,977 |
| Tegangan (V_{maks}) untuk 6 koil | | | | 20,977 |

4. Perhitungan Tegangan dengan RPM = 485,1/menit
 Untuk menghitung Frekuensi dari alat yang digunakan dengan RPM = 485,1/menit adalah :

$$f = \frac{485,1}{60} \times 12 = 97,02 \text{ Hz}$$

Tegangan Output yang dihasilkan dari induksi 2 magnet dalam 3 koil adalah :

$$\begin{aligned} V &= L2\pi f I_p \cos(2\pi ft), \text{ dengan } \theta = 0 \\ V_{\text{maks}} &= 3 * (L2\pi f I_p) \\ &= 3 * ((0,0018972) (2) (3,14) (97,02) (0,628)) \\ &= 2,178 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Tegangan Output yang dihasilkan dari induksi 2 magnet dalam 6 koil adalah :

$$\begin{aligned} V &= L2\pi f I_p \cos(2\pi ft), \text{ dengan } \theta = 0 \\ V_{\text{maks}} &= 6 * (L2\pi f I_p) \\ &= 6 * ((0,0018972) (2) (3,14) (97,02) (1,61617)) \\ &= 4,356 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Tabel 4.21 Hasil Perhitungan 3 Koil Tegangan Output untuk RPM 485,1

| No | f(Hz) | I (A) | L(H) | Tegangan (V) |
|----|-------|-------|-----------|--------------|
| 1 | 97,02 | 0,628 | 0,0018972 | 2,178 |
| 2 | | 0,728 | | 2,526 |
| 3 | | 0,829 | | 2,875 |
| 4 | | 0,929 | | 3,223 |
| 5 | | 1,030 | | 3,572 |
| 6 | | 1,130 | | 3,920 |
| 7 | | 1,231 | | 4,268 |
| 8 | | 1,331 | | 4,617 |
| 9 | | 1,432 | | 4,965 |
| 10 | | 1,532 | | 5,314 |
| 11 | | 1,633 | | 5,662 |
| 12 | | 1,733 | | 6,011 |
| 13 | | 1,834 | | 6,359 |
| 14 | | 1,934 | | 6,708 |
| 15 | | 2,035 | | 7,056 |
| 16 | | 2,135 | | 7,404 |
| 17 | | 2,236 | | 7,753 |
| 18 | | 2,336 | | 8,101 |

| | | |
|--------------------------------------|-------|--------|
| 19 | 2,437 | 8,450 |
| 20 | 2,537 | 8,798 |
| 21 | 2,638 | 9,147 |
| 22 | 2,738 | 9,495 |
| 23 | 2,839 | 9,844 |
| 24 | 2,939 | 10,192 |
| 25 | 3,040 | 10,540 |
| Tegangan (V_{maks}) untuk 3 koil | | 10,540 |

Tabel 4.22 Hasil Perhitungan 6 Koil Tegangan Output untuk RPM 485,1

| No | f(Hz) | I (A) | L(H) | Tegangan (V) |
|--------------------------------------|-------|-------|-----------|--------------|
| 1 | | 0,628 | | 4,356 |
| 2 | | 0,728 | | 5,052 |
| 3 | | 0,829 | | 5,749 |
| 4 | | 0,929 | | 6,446 |
| 5 | | 1,030 | | 7,143 |
| 6 | | 1,130 | | 7,840 |
| 7 | | 1,231 | | 8,537 |
| 8 | | 1,331 | | 9,234 |
| 9 | | 1,432 | | 9,931 |
| 10 | | 1,532 | | 10,628 |
| 11 | | 1,633 | | 11,324 |
| 12 | | 1,733 | | 12,021 |
| 13 | 97,02 | 1,834 | 0,0018972 | 12,718 |
| 14 | | 1,934 | | 13,415 |
| 15 | | 2,035 | | 14,112 |
| 16 | | 2,135 | | 14,809 |
| 17 | | 2,236 | | 15,506 |
| 18 | | 2,336 | | 16,203 |
| 19 | | 2,437 | | 16,900 |
| 20 | | 2,537 | | 17,596 |
| 21 | | 2,638 | | 18,293 |
| 22 | | 2,738 | | 18,990 |
| 23 | | 2,839 | | 19,687 |
| 24 | | 2,939 | | 20,384 |
| 25 | | 3,040 | | 21,081 |
| Tegangan (V_{maks}) untuk 6 koil | | | | 21,081 |

5. Perhitungan Tegangan dengan RPM = 485,3/menit

Untuk menghitung Frekuensi dari alat yang digunakan dengan RPM = 485,3/menit adalah :

$$f = \frac{485,3}{60} \times 12 = 97,06 \text{ Hz}$$

Tegangan Output yang dihasilkan dari induksi 2 magnet dalam 3 koil adalah :

$$V = L2\pi f I_p \cos(2\pi ft), \text{ dengan } \theta = 0$$

$$\begin{aligned} V_{\text{maks}} &= 3 * (L2\pi f I_p) \\ &= 3 * ((0,0018972) (2) (3,14) (97,06) (0,628)) \\ &= 2,179 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Tegangan Output yang dihasilkan dari induksi 2 magnet dalam 6 koil adalah :

$$V = L2\pi f I_p \cos(2\pi ft), \text{ dengan } \theta = 0$$

$$\begin{aligned} V_{\text{maks}} &= 6 * (L2\pi f I_p) \\ &= 6 * ((0,0018972) (2) (3,14) (97,06) (1,61617)) \\ &= 4,357 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Tabel 4.23 Hasil Perhitungan 3 Koil Tegangan Output untuk RPM 485,3

| No | f(Hz) | I (A) | L(H) | Tegangan (V) |
|----|-------|-------|-----------|--------------|
| 1 | 97,06 | 0,628 | 0,0018972 | 2,179 |
| 2 | | 0,728 | | 2,527 |
| 3 | | 0,829 | | 2,876 |
| 4 | | 0,929 | | 3,224 |
| 5 | | 1,030 | | 3,573 |
| 6 | | 1,130 | | 3,922 |
| 7 | | 1,231 | | 4,270 |
| 8 | | 1,331 | | 4,619 |
| 9 | | 1,432 | | 4,967 |
| 10 | | 1,532 | | 5,316 |
| 11 | | 1,633 | | 5,665 |
| 12 | | 1,733 | | 6,013 |
| 13 | | 1,834 | | 6,362 |
| 14 | | 1,934 | | 6,710 |
| 15 | | 2,035 | | 7,059 |
| 16 | | 2,135 | | 7,408 |
| 17 | | 2,236 | | 7,756 |
| 18 | | 2,336 | | 8,105 |

| | | |
|--------------------------------------|-------|--------|
| 19 | 2,437 | 8,453 |
| 20 | 2,537 | 8,802 |
| 21 | 2,638 | 9,150 |
| 22 | 2,738 | 9,499 |
| 23 | 2,839 | 9,848 |
| 24 | 2,939 | 10,196 |
| 25 | 3,040 | 10,545 |
| Tegangan (V_{maks}) untuk 3 koil | | 10,545 |

Tabel 4.24 Hasil Perhitungan 6 Koil Tegangan Output untuk RPM 485,3

| No | f(Hz) | I (A) | L(H) | Tegangan (V) |
|--------------------------------------|-------|-------|-----------|--------------|
| 1 | | 0,628 | | 4,357 |
| 2 | | 0,728 | | 5,055 |
| 3 | | 0,829 | | 5,752 |
| 4 | | 0,929 | | 6,449 |
| 5 | | 1,030 | | 7,146 |
| 6 | | 1,130 | | 7,843 |
| 7 | | 1,231 | | 8,540 |
| 8 | | 1,331 | | 9,238 |
| 9 | | 1,432 | | 9,935 |
| 10 | | 1,532 | | 10,632 |
| 11 | | 1,633 | | 11,329 |
| 12 | | 1,733 | | 12,026 |
| 13 | 97,06 | 1,834 | 0,0018972 | 12,724 |
| 14 | | 1,934 | | 13,421 |
| 15 | | 2,035 | | 14,118 |
| 16 | | 2,135 | | 14,815 |
| 17 | | 2,236 | | 15,512 |
| 18 | | 2,336 | | 16,209 |
| 19 | | 2,437 | | 16,907 |
| 20 | | 2,537 | | 17,604 |
| 21 | | 2,638 | | 18,301 |
| 22 | | 2,738 | | 18,998 |
| 23 | | 2,839 | | 19,695 |
| 24 | | 2,939 | | 20,392 |
| 25 | | 3,040 | | 21,090 |
| Tegangan (V_{maks}) untuk 6 koil | | | | 21,090 |

6. Perhitungan Tegangan dengan RPM = 485,9/menit

Untuk menghitung Frekuensi dari alat yang digunakan dengan RPM = 485,9/menit adalah :

$$f = \frac{485,9}{60} \times 12 = 97,18 \text{ Hz}$$

Tegangan Output yang dihasilkan dari induksi 2 magnet dalam 3 koil adalah :

$$V = L2\pi f I_p \cos(2\pi ft), \text{ dengan } \theta = 0$$

$$V_{\text{maks}} = 3 * (L2\pi f I_p)$$

$$= 3 * ((0,0018972) (2) (3,14) (97,18) (0,628))$$

$$= 2,181 \text{ Volt}$$

Tegangan Output yang dihasilkan dari induksi 2 magnet dalam 6 koil adalah :

$$V = L2\pi f I_p \cos(2\pi ft), \text{ dengan } \theta = 0$$

$$V_{\text{maks}} = 6 * (L2\pi f I_p)$$

$$= 6 * ((0,0018972)(2)(3,14)(97,18)(0,628))$$

$$= 4,363 \text{ Volt}$$

Tabel 4.25 Hasil Perhitungan 3 Koil Tegangan Output untuk RPM 485,9

| No | f(Hz) | I (A) | L(H) | Tegangan (V) |
|----|-------|-------|-----------|--------------|
| 1 | | 0,628 | | 2,181 |
| 2 | | 0,728 | | 2,530 |
| 3 | | 0,829 | | 2,879 |
| 4 | | 0,929 | | 3,228 |
| 5 | | 1,030 | | 3,577 |
| 6 | | 1,130 | | 3,926 |
| 7 | | 1,231 | | 4,275 |
| 8 | | 1,331 | | 4,625 |
| 9 | 97,18 | 1,432 | 0,0018972 | 4,974 |
| 10 | | 1,532 | | 5,323 |
| 11 | | 1,633 | | 5,672 |
| 12 | | 1,733 | | 6,021 |
| 13 | | 1,834 | | 6,370 |
| 14 | | 1,934 | | 6,719 |
| 15 | | 2,035 | | 7,068 |
| 16 | | 2,135 | | 7,417 |
| 17 | | 2,236 | | 7,766 |

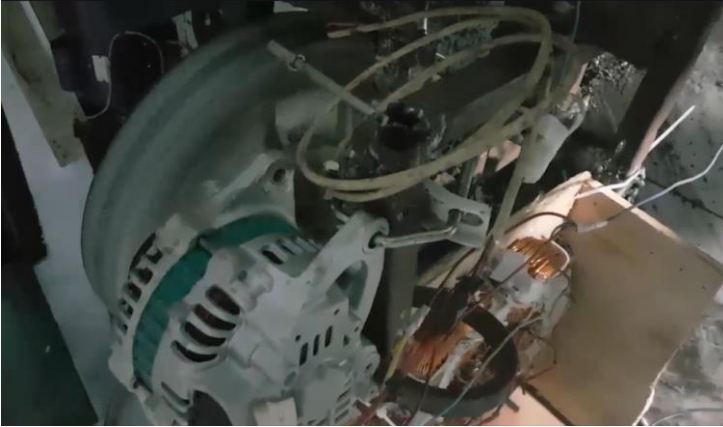
| | | |
|--------------------------------------|-------|--------|
| 18 | 2,336 | 8,115 |
| 19 | 2,437 | 8,464 |
| 20 | 2,537 | 8,813 |
| 21 | 2,638 | 9,162 |
| 22 | 2,738 | 9,511 |
| 23 | 2,839 | 9,860 |
| 24 | 2,939 | 10,209 |
| 25 | 3,040 | 10,558 |
| Tegangan (V_{maks}) untuk 3 koil | | 10,558 |

Tabel 4.26 Hasil Perhitungan 6 Koil Tegangan Output untuk RPM 485,9

| No | f(Hz) | I (A) | L(H) | Tegangan (V) |
|--------------------------------------|-------|-------|-----------|--------------|
| 1 | | 0,628 | | 4,363 |
| 2 | | 0,728 | | 5,061 |
| 3 | | 0,829 | | 5,759 |
| 4 | | 0,929 | | 6,457 |
| 5 | | 1,030 | | 7,155 |
| 6 | | 1,130 | | 7,853 |
| 7 | | 1,231 | | 8,551 |
| 8 | | 1,331 | | 9,249 |
| 9 | | 1,432 | | 9,947 |
| 10 | | 1,532 | | 10,645 |
| 11 | | 1,633 | | 11,343 |
| 12 | | 1,733 | | 12,041 |
| 13 | 97,18 | 1,834 | 0,0018972 | 12,739 |
| 14 | | 1,934 | | 13,437 |
| 15 | | 2,035 | | 14,135 |
| 16 | | 2,135 | | 14,833 |
| 17 | | 2,236 | | 15,531 |
| 18 | | 2,336 | | 16,229 |
| 19 | | 2,437 | | 16,927 |
| 20 | | 2,537 | | 17,626 |
| 21 | | 2,638 | | 18,324 |
| 22 | | 2,738 | | 19,022 |
| 23 | | 2,839 | | 19,720 |
| 24 | | 2,939 | | 20,418 |
| 25 | | 3,040 | | 21,116 |
| Tegangan (V_{maks}) untuk 6 koil | | | | 21,116 |

LAMPIRAN B
Pengukuran Tegangan dan RPM dari Alternator secara
Langsung

1. Rangkaian Alternator secara keseluruhan



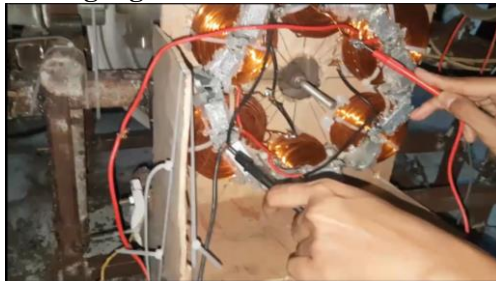
2. Pengukuran Tegangan 3 Koil



3. Salah Satu Hasil Pengukuran Tegangan 3 Koil



4. Pengukuran Tegangan 6 Koil



5. Hasil Pengukuran Tegangan 6 Koil



6. Pengukuran RPM



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara yang dilahirkan di Medan pada 23 April 1995 dari pasangan Ir. Maston Sitorus dan Desry Sianturi. Se-masa kecil penulis telah menempuh pendidikan formal di SD.ST.ANTONIUS 1 Medan, SMP.ST.THOMAS 1 Medan dan SMA.ST.THOMAS 1 Medan. Pada pertengahan tahun 2013 penulis diterima di Jurusan Fisika FMIPA ITS

melalui jalur SMITS dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 1113100116. Selama perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan dan organisasi mahasiswa. Beberapa organisasi yang sempat ditekuni penulis yaitu anggota di UKM Tiyang Alit (2013-2014), sebagai staf Departemen Riset dan Teknologi HIMASIKA ITS (2014-2015), serta Bendahara di salah satu organisasi komunitas Mahasiswa Bona Pasogit (MBP) di ITS. Dalam hal akademik, penulis pernah memegang peranan penting sebagai asisten Dosen Fisika Dasar II, asisten Laboratorium Fisika Dasar I dan II, asisten laboratorium fisika Optoelektronika, serta penulis juga aktif mengikuti kegiatan ilmiah nasional seperti Program Kreativitas Mahasiswa yang diadakan oleh DIKTI. Akhir kata bila ada kritik dan saran dapat menghubungi penulis melalui : clarissa.amelia50@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”